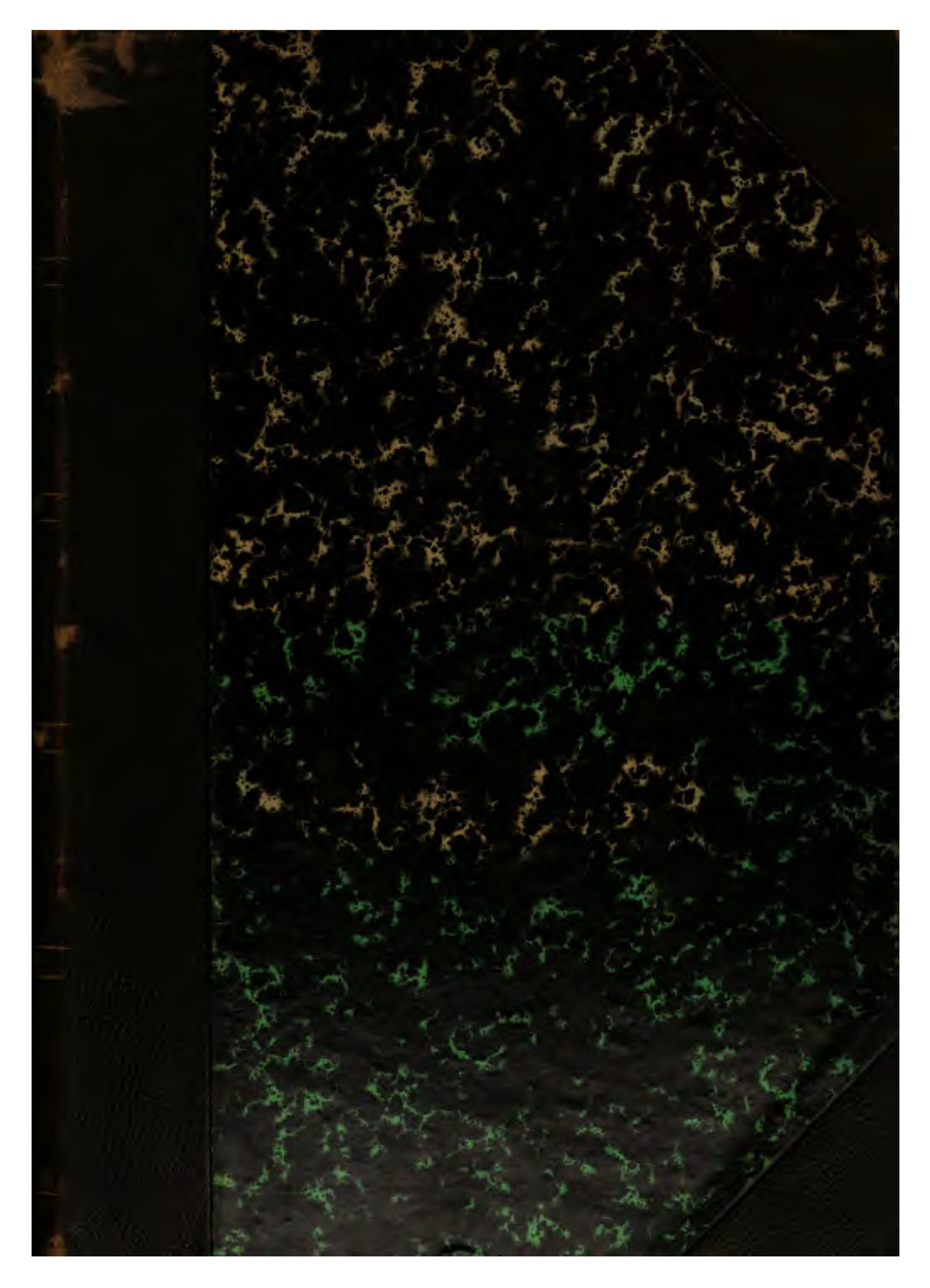
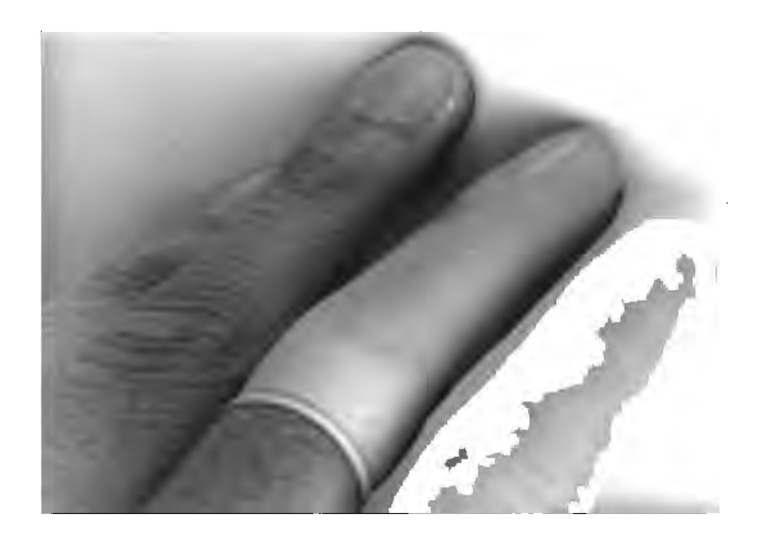






ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. E. CRAMER, Heidelberg; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München.

HERAUSGEGEBEN

VON

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

MÜNCHEN STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

ACHTUNDDREISSIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND **LEIPZIG.**

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1900.

von Hermans[1]) ist sichergestellt worden, dass noch nicht einmal die Luft, welche nur 15% Sauerstoff bei Anwesenheit von 2 bis 4% Kohlensäure enthielte, giftig ist.

Erst in neuerer Zeit haben Brown-Séquard und d'Arsonval Aufmerksamkeit auf giftige Stoffe gelenkt. Die früheren Forscher beschäftigten sich hauptsächlich mit Verunreinigung der Luft mit organischen Stoffen, indem sie dieselben zwar für schädlich, nicht aber für so heftig wirkende Gifte hielten, für welche die in der Ausathmungsluft enthaltenen Stoffe von Brown-Séquard und d'Arsonval proclamirt worden sind.

Sämmtliche in dieser Richtung vor uns durchgeführten Versuche theilen wir absichtlich in jene, welche die Giftigkeit der ausgeathmeten Luft zu beweisen scheinen, und in jene, welche gegen die Giftigkeit derselben sprechen.

Im Jahre 1870 constatirte Ransome[2]) in der Ausathmungsluft organische Substanzen und bestimmte, dass zur Oxydation dieser in 24 Stunden ausgeathmeten Stoffe etwa 0,2 g Kaliumpermanganat nöthig sind.

Seine Versuche machte Ransome an 11 gesunden und an 23 kranken Personen. Die von Menschen ausgeathmete Luft wurde durch ein Gefäss geführt, welches durch kühlende Mischung umgeben war, damit in demselben die in der Ausathmungsluft vorhandenen Wasserdämpfe sich condensirten, und die in dieser Luft enthaltenen organischen Giftstoffe mitreissen. Das in dem Gefässe gesammelte Condenswasser wurde der Destillation unterworfen. Im Destillat hat Ransome Ammoniak nachgewiesen und destillirte so lange, bis mit dem Nessler'schen Reagens keine Spuren von Ammoniak nachgewiesen werden konnten. Hierauf oxydirte er durch Zugabe von Kaliumpermanganat in die Retorte den schon ammoniakfreien Rückstand der Condensflüssigkeit und fand, dass nach der Oxydation Ammoniak neuerdings in das Destillat übergehe. Aus seinen Versuchen schloss Ransome, dass sich in der Ausathmungsluft organische Stoffe befinden, welche, mit Kaliumpermanganat oxydirt, als ein Zersetzungsproduct Ammoniak liefern.

Seegen und Nowack[3]) bedienten sich bei ihren Respirationsversuchen des Apparates von Reignault-Reiset. Den zu den Versuchen erforderlichen Sauerstoff erzeugten sie aus chlorsaurem Kalium und Braunstein, den entwickelten Sauerstoff sammelten sie im Gasometer und, bevor sie ihn von

---

1) Hermans, Ausathmung organischer Substanzen durch den Menschen. Archiv f. Hygiene, Bd. I, 1883.

2) A. Ransome, On the organic matter of human breath in health and disease. Journal of Anatomy and Physiology, 1870.

3) Pflüger's Archiv, Bd. XIX, 1879.

den Versuchsthieren einathmen liessen, haben sie ihn mit Lauge gewaschen. Die Versuchsthiere gingen zu Grunde. Da sie das Sterben der Thiere durch Kohlensäureeinwirkung nicht erklären konnten, da die Kohlensäuremenge keine bedeutende war, so haben sie die Annahme gefasst, es handle sich dabei um Vergiftung der Thiere durch eigene giftige Ausathmungsproducte. Haben sie die verdorbene Luft über glühenden Kupferoxyd geleitet, so haben sie gefunden, dass die Giftwirkung der Luft verloren geht. Auf Grund dieser Versuche nahmen sie an, dass die im Respirationsapparate untergebrachten Thiere neben den bekannten Athmungsproducten auch giftige organische Substanzen ausathmen, welche bei Berührung mit dem glühenden Kupferoxyd verbrannt und unschädlich werden.

Uffelmann[1]) (1888) untersuchte die Luft verschlossener Räume vor und nach dem Aufenthalte der Menschen und fand, dass die Luft eines Schlafzimmers, in welchem eine erwachsene Person die ganze Nacht geschlafen hat, zur Oxydation von 10 l Luft mehr Permanganatlösung verbrauchte, als die frühere Abendluft nach der Ventilation des Schlafzimmers. Ebenfalls constatirte Uffelmann, dass auch die Luft eines Hörsaales vor dem Vortrage weniger Permanganatlösung zur Oxydation verbrauchte als nach dem Vortrage. Uffelmann macht zugleich den Vorschlag, dass die zur Oxydation erforderliche Permanganatmenge zum Maass der Verdorbenheit der Luft dienen könnte. In freier Luft, auf welche Uffelmann seine Untersuchungen erweiterte, wurde eine sehr geringe Menge von organischen Substanzen vorgefunden. Auf Grund seiner Untersuchungen hält Uffelmann dafür, dass die Luft bei dem Aufenthalt der Menschen mit organischen Substanzen verunreinigt und verdorben wird.

Die ersten, sehr bestimmten Resultate der Forschungen über die Giftigkeit der Ausathmungsluft wurden im Jahre 1888 in den Mittheilungen der Pariser Akademie von Brown-Séquard und d'Arsonval veröffentlicht.

In der ersten diesbezüglichen Mittheilung[2]) weisen die Forscher vor Allem auf die vor ihnen bekannten Thatsachen hin, und zwar:

1. Die ausgeathmete Luft enthält, wenn nicht immer, so doch fast immer Ammoniak, jedoch in einer so geringen Menge, dass dadurch die schädliche Wirkung der ausgeathmeten Luft nicht einmal theilweise erklärt werden kann.

2. Die ausgeathmete Luft enthält in einer minimalen Quantität organische Substanzen, welche, wenn sie sich nicht schon beim Verlassen der

1) Uffelmann, Luftuntersuchungen. Archiv f. Hygiene, 1888, VIII.

2) Brown-Séquard et d'Arsonval, Recherches démontrant que l'air expiré par l'homme et les mammifères, à l'état de santé, contient un agent toxique très puissant. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, 1888, CVI, S. 106.

Es muss hier schon jetzt ausdrücklich bemerkt werden, dass der höchsten Objectivität wegen jene Stellen der Literaturquellen, welche die Versuchsanordnung und die daraus gezogenen Resultate betreffen, in der vorliegenden Arbeit meistentheils fast wörtlich wiedergegeben wurden.

Athmungswege in Zersetzung befinden, grosse Tendenz besitzen, rasch in Zersetzung zu gerathen und zwar auch bei ziemlich niedriger Temperatur.

3. Die mit Ausathmungsluft vermischte Luft geschlossener Räume ist nicht nur durch die in ihr enthaltene Kohlensäure schädlich, denn die gewöhnliche Luft, zu welcher 1 % Kohlensäure beigemischt ist, ruft kaum irgend welche Gesundheitsstörungen hervor, während die ausgeathmete Luft, welche nicht mehr von dieser Säure enthält, äusserst schädliche Wirkung hat.

Diese Thatsachen, besonders die letzte, weisen wahrscheinlich darauf hin, dass die ausgeathmete Luft eine oder mehrere giftige Substanzen enthält, jedoch hat, wie beide Verfasser meinen, niemand vor ihnen durch den directen Versuch die Giftigkeit organischer, aus Lungen stammender Substanzen, welche die Luft bei der Exspiration mitreisst, nachgewiesen. Und diesen Nachweis haben beide Forscher darzubringen versucht. Zu diesem Zwecke haben sie Kaninchen in's Blut (in die Adern oder Venen) Wasser, welches jene durch die Lungenschleimhaut secernirte giftige Substanz enthielt, injicirt. Dieses Wasser haben sie zuerst auf die Weise gewonnen, indem sie einem Kaninchen oder Hund in die Luftwege eine ziemlich beträchtliche Menge eines gänzlich klaren Wassers injicirt, bald darauf 4—8 ccm herausgezogen, diese durch Lungenauswaschung (lavage du poumon) gewonnene Flüssigkeit filtrirt und sodann einem gesunden Kaninchen in die Blutgefässe injicirt. In weiteren Versuchen haben sie diese jene giftige Substanz enthaltende Flüssigkeit durch andere drei Methoden gewonnen: 1. sie condensirten die mit der Ausathmungsluft mitgerissenen und aus dem Munde eines von ihnen oder eines ihrer Schüler entweichenden Lungenausdünstungen, 2. sie condensirten die Lungenausdünstungen der tracheotomirten Hunde, 3. sie condensirten mit Hilfe eines Apparates die Lungenausdünstungen, welche normal aus den Nasenöffnungen gesunder Hunde kamen. Die auf letzte Weise gewonnene Flüssigkeit war klar, hell, von neutraler, eigentlich — wie die Forscher später erwähnen — von alkalischer Reaction.

Sämmtliche Versuche mit dieser Flüssigkeit wurden an gesunden, 1800 bis 1950 g wiegenden Kaninchen unternommen. Die Injection der Flüssigkeit in die Blutgefässe geschah stets langsam; die Temperatur der injicirten Flüssigkeit war stets jene der umgebenden Luft, d. h. etwa 12° C. Die nach der Injection eingetretenen Erscheinungen waren mit Ausnahme eines einzigen Falles übereinstimmend.

I. Nach Injection von 4—8 ccm Flüssigkeit wurde beobachtet: 1. Pupillendilatation, zwar nicht zu auffallend, doch aber nachweisbar, 2. eine sehr ausgesprochene Verlangsamung der Athmung (um $^1/_5$, $^1/_4$, $^1/_3$ bis $^1/_2$), 3. eine sehr ausgeprägte paralytische Schwäche, namentlich der hinteren Extremitäten, 4. eine sehr rasche Temperaturerniedrigung, schwankend zwischen 0,5—5° C., 5. das Herz hat sich in den ersten Stunden nach der Operation verschieden verhalten: am häufigsten war die Pulsfrequenz kaum verändert, manchmal ist sie geringer, ein anderes Mal grösser geworden, aber am nächsten Tage oder nach drei bis vier folgenden Tagen trat eine bedeutende Acceleration des Herzpulses ein, welche sogar mehrere Wochen gedauert hat, ohne

dass vielleicht die Körpertemperatur erhöht wäre, im Gegentheil war dieselbe manchmal sogar niedriger. Diese Erscheinungen haben sich in den nächstfolgenden Tagen so gemildert, dass die Temperatur wieder zur Norm zurückkehrte, nur selten war sie ein wenig erhöht, die Athmung kehrte auch zur Norm zurück, nur die Herzaction war beschleunigt.

II. Nach Injection von 20—25 ccm traten dieselben, aber mehr ausgeprägten Erscheinungen ein. Ausserdem wurde Zittern und mehrere Male auch allgemeine Krämpfe, besonders der hinteren Extremitäten, jedoch ohne Verlust des Bewusstseins beobachtet. Die Thiere haben sich öfters so gekrümmt, dass sich die Wirbelsäule bogenförmig gebogen hat, so dass die vorderen Extremitäten die hinteren berührten. Es schien, dass sie sehr litten, wahrscheinlich durch Kolik, denn man konnte rasche und mächtige Darmbewegung beobachten. Konnten die Thiere von Krämpfen befallen werden oder nicht, so waren sie oft so schwach, dass sie sich kaum auf den hinteren Extremitäten halten konnten und gern fielen, namentlich der hintere Körpertheil war paretisch. Die Pupillen haben sich excessiv verengert; manchmal wurde Nystagmus oder Contractur eines der Augenmuskeln beobachtet. Bei den Thieren traten ferner rasch choleriforme Durchfälle ein und dauerten am häufigsten fast bis zum Tode, welcher fast immer am 3.—4. Tage nach der Injection einzutreten pflegte.

Als Ursache der angeführten Erscheinungen kann nicht das Wasser der Lungenausdünstungen beschuldigt werden, denn es ist bekannt, dass eine viel bedeutendere Wassermenge als diese ohne schädliche Wirkung in die Blutgefässe der Kaninchen injicirt werden kann; nach Bouchard beginnt die giftige Wirkung des Wassers erst dann, wenn mehr als 90 ccm auf 1 kg Körpergewicht injicirt werden.

Es ist also evident, dass die Ursache von Krankheitserscheinungen in einer oder mehreren in den Lungenausdünstungen enthaltenen giftigen Substanzen zu suchen ist. Diese Substanz gehört wahrscheinlich zu den organischen Stoffen. Man kann schliessen, dass sie trotz ihrer intensiven Wirkung in der Ausathmungsluft in einer sehr unbedeutenden Menge vorhanden ist. Diese giftige Substanz ist flüchtig, im Wasser löslich und geht gut durch's Filtrum. Sie gehört vielleicht zu den den Leukomainen und Ptomainen ähnlichen Alkaloïden.

Die pathologischen Veränderungen bei den verendeten Thieren waren fast immer dieselben. Es wurde beobachtet Hyperämie sämmtlicher Organe und insbesondere der Lungen, in welchen sehr oft Ecchymosen oder auch hämorrhagische Herde vorgefunden wurden. Sehr oft waren das linke Herz und die Arterien nicht gänzlich leer, sondern mit Blut gefüllt. Manchmal musste »Sistirung des Stoffwechsels zwischen den Geweben und dem Blute« in den letzten Augenblicken des Lebens eingetreten sein, denn in den Venen, sowie in dem Herzen wurde rothes Blut vorgefunden. Niemals wurden Symptome einer Embolie oder eines Infarktes beobachtet. Das Gehirn sammt Hüllen war hyperämisch, jedoch sonst ohne gröbere organische Veränderungen. Der Harn enthielt (nach dem Tode) manchmal Eiweiss, nie aber Zucker.

Aus diesen Versuchen zieht Brown-Séquard und d'Arsonval folgende Schlüsse:

1. Die Lungen des gesunden Menschen, Hundes und Kaninchens produciren ein ungemein heftiges Gift, welches aus ihnen ununterbrochen mit der Ausathmungsluft entweicht.

2. Es ist höchst wahrscheinlich, wenn nicht sicher, dass es gerade dieses Gift ist, welches die Luft in den geschlossenen Räumen so gefährlich macht.

Einer von ihren Versuchen zeigt mehr als die übrigen, wie bedeutend die Wirkung jenes Lungengiftes sein kann. Einem sehr robusten Kaninchen wurden in die Carotis 14,5 ccm frischer Flüssigkeit aus der Luftröhre eines gesunden Hundes injicirt. Sehr bald nach der Injection erschien bei dem Thiere ein heftiger Tetanus mit fast gänzlichem Aufhören der Athmung und Herzbewegungen, so dass das Thier früher als in einer halben Stunde zu Grunde ging. Bei der Section wurde in den mittleren Partien der beiden Lungen eine beträchtliche Hämorrhagie vorgefunden, sonst wiesen die Lungen Ecchymosen, Congestion und hochgradiges Emphysem auf. Die Baucheingeweide waren congestionirt. Das Herz befand sich in der Diastole, die linke Herzkammer enthielt reichliches rothes Blut, die rechte Kammer und die untere Hohlvene ein minder dunkles Blut als das gewöhnliche venöse.

In der weiteren Mittheilung[1]) in demselben Jahre bestätigten Brown-Séquard und d'Arsonval die Resultate ihrer früheren Versuche und fügten einige neue Beobachtungen hinzu.

Sieben (etwa 2 kg wiegenden) Kaninchen wurden subcutan 20—44 ccm Condensflüssigkeit aus den Lungen von zwei Hunden injicirt. Das Resultat war dasselbe wie in den früheren Versuchen. Fünf Kaninchen verendeten sehr rasch (vier früher als in 24 Stunden, eines nach 36 Stunden), die zwei, welche die Injection überstanden haben, waren sehr schwach und es schien, dass sie nicht lange leben werden. Die Erscheinungen waren bei allen Kaninchen gleich jenen in den früheren Versuchen. Auch nach subcutaner Injection bekamen alle Kaninchen Durchfälle. Der Sectionsbefund war derselbe wie nach intravenöser oder intraarterieller Injection.

Ferner haben die Autoren nachgewiesen, dass der wirksame Stoff ein chemisches organisches Gift und nicht ein bacterielles sei, und zwar dadurch, dass sie die Condensflüssigkeit des Menschen oder Hundes (bei 100° C.) in einem geschlossenen Gefäss gekocht und dieselbe nach Abkühlung intravenös oder subcutan mit demselben Erfolge wie früher injicirt haben.

Dass die wirksame Substanz ein Alkaloïd ist, schliessen die Autoren aus folgenden Gründen:

1. Sie haben sich überzeugt, dass die Lungen-Condensflüssigkeit eine alkalische Reaction hat (früher ist die Reaction unrichtig als neutral beschrieben).

1) Nouvelles recherches sur les phénomènes produits par un agent toxique très puissant qui sort sans cesse des poumons de l'homme et des mammifères, avec l'air expiré. Comptes rendus, 1888, CVI, S. 165.

2. Die Condensflüssigkeit verliert nach dem Kochen in einem geschlossenen Gefässe ihre Giftigkeit nicht.

3. Nach subcutaner, sowie intravenöser oder intraarterieller Injection entstehen bei Kaninchen ähnliche Erscheinungen wie durch Wirkung von Alkaloïden.

Diese Arbeit von Brown-Séquard und d'Arsonval veranlasste Wurtz jun.[1]), in chemischer Beziehung Licht in diese Streitfrage zu bringen. Zur Gewinnung und Isolirung der flüchtigen Basen, welche aus dem Blute in die ausgeathmete Luft übergehen, wusch er die ausgeathmete Luft durch eine 1 proc. Oxalsäurelösung in einem besonderen Apparat, bei welchem die Möglichkeit der Verunreinigung mit dem Speichel oder mit festen Partikeln ausgeschlossen war. Nachdem die Luft genügend lange die Oxalsäure passirt hat, neutralisirte Wurtz den Oxalsäureüberschuss mit frisch gefälltem Calciumcarbonat, welches frei von Chlorid und Sulphat war. Nachdem die Flüssigkeit neutrale Reaction aufwies, fügte er ein bis zwei Tropfen Kalkwasser hinzu bis zur schwach alkalischen Reaction, wodurch sämmtliche Oxalsäure gefällt wurde, und filtrirte den aus dem kohlensauren und oxalsauren Kalk bestehenden Niederschlag ab. Das Filtrat wurde mit verdünnter Salzsäure neutralisirt und im Vacuum eingedampft. Durch diese Methode wurde erhalten:

1. Chlorammonium, welches zu überwiegen schien,

2. das Chlorhydrat einer Base, die durch Bouchardat's Reagens und Kaliumquecksilberjodid gefällt wurde und eine Chlorplatinverbindung gab, welche in kleinen, im Wasser löslichen Nadeln krystallisirte; bei 100° C. verbreitete das Chlorhydrat der Base einen specifischen aromatischen Geruch.

Weil die Menge dieser Verbindung zu klein war, konnte Wurtz weder die weitere Analyse durchführen, noch ihre physiologische Wirkung prüfen.

Im Jahre 1889 theilten Brown-Séquard und d'Arsonval[2]) weiter mit, dass die Flüssigkeit, auch rectal oder stomachal einverleibt, tödtend wirken kann: so starben von sieben Kaninchen zwei nach stomachaler Einverleibung von 24—36 g Flüssigkeit.

Die weiteren Versuche waren eingerichtet für den Nachweis, dass die Kohlensäure an der Giftigkeit der ausgeathmeten Luft nicht theilnimmt. Zu diesem Zwecke wurde von den Autoren ein besonderer Apparat construirt, welcher aus einer Reihe von (acht) Hohlcylindern aus Metall bestand, deren Innenraum durch einen hydraulischen Verschluss von der umgebenden Luft isolirt war. Mittels Aspirators wurde durch die ganze Reihe solcher Gefässe ein ununterbrochener Luftstrom durchgeleitet; die Gefässe waren so hintereinander verbunden, dass sie der Luftstrom successive durchtrieb, so dass das in dem ersten Käfige befindliche Thier, welchem die Aussenluft zuströmte, frische Luft athmete, während die in den übrigen

1) R. Wurtz, Sur la présence de bases volatiles dans le sang et dans l'air expiré. Comptes rendus, 1888, CVI, S. 213.

2) Nouvelles recherches démontrant que la toxicité de l'air expiré ne dépend pas de l'acide carbonique. Comptes rendus, 1889, CVIII, S. 267.

Käfigen untergebrachten Thiere die von den vorhergehenden mehr und mehr verunreinigte Luft bekamen.

Diese cylindrischen Käfige waren ferner so eingerichtet, dass feste sowie flüssige Exkremente der Versuchsthiere in ihnen nicht stagniren konnten. Jeder Käfig hatte die Form eines vertikalen Hohlcylinders aus Blech, welcher genug breit und hoch war, so dass in seinem Inneren genug Platz für ein grosses Kaninchen war, welches sich auf einem Drahtgitter befand. Im Niveau dieses Gitters verengte sich der Käfig konisch und endete mit einer breiten Röhre, welche in das in einem Glasgefäss befindliche Wasser reichte, in welches die thierischen Exkremente, sowie Reste des in den Käfig gelegten Futters fielen. Das Wasser schloss das hineinreichende Ende der Röhre hermetisch ab. Der obere Theil des Käfigs besass an seiner Peripherie eine circuläre, mit Wasser gefüllte Rinne, in welche ein entsprechender, in einen circulären Rahmen eingefasster Deckel eingetaucht war.

Die 5—7 Wochen alten, in diesen acht so eingerichteten Käfigen untergebrachten Kaninchen starben in denselben sehr rasch mit Ausnahme jener, welche sich in den ersten zwei Käfigen befanden. Der Tod trat bei den zwei letzten, ja auch bei dem sechsten schon am Anfange des 2. oder 3. Tages ein. Einige Kaninchen hielten es doch 4, 5 bis 6 Tage in den letzten zwei Käfigen aus. In dem vierten Käfig starben die Kaninchen etwa nach einer Woche und im dritten Käfig einige Tage später. Nur in dem ersten und zweiten Käfig blieben die Kaninchen am Leben, obzwar bei dem zweiten Kaninchen die Gesundheit doch ein wenig zu leiden schien. Wurden die Kaninchen aus den Käfigen Nr. 3—8 herausgenommen, so blieben sie gewöhnlich am Leben, erholten sich aber gänzlich erst nach einer ziemlich langen Zeit (in 5—12 Tagen).

Der Kohlensäuregehalt, welcher in den ersten zwei Käfigen beträchtlich kleiner war als 1%, betrug in den letzten drei Käfigen durchschnittlich nicht mehr als 2—3%; war der durch die Käfige gezogene Luftstrom lebhafter, so gab es in den letzten Käfigen nicht einmal so viel Kohlensäure. Wurden zu Versuchen grössere Kaninchen (von etwa 2 kg Gewicht) verwendet, so erreichte die Kohlensäuremenge in dem letzten Käfig 4—6%.

Dass die Kohlensäure nicht die Todesursache der Versuchsthiere bildete, davon haben sich die Autoren verschiedentlich überzeugt. So haben sie vor Allem in einer Versuchsreihe die Erfahrung gemacht, dass die Kohlensäure in bedeutender Menge mit der atmosphärischen Luft von Menschen, Hunden, Kaninchen und von anderen Säugethieren eingeathmet werden kann. Sie selbst und Andere konnten 1—2 Stunden eine Luft mit 20% Kohlensäure ohne jede schädliche Wirkung einathmen. Schon auf Grund dieser Versuche war es ihnen klar, dass die Kohlensäure in jener Menge, in welcher sie sich in den letzten Käfigen befand, nicht Ursache des Zugrundegehens der Thiere sein konnte, jedoch sie wollten einen unbestreitbaren Beweis liefern.

Am leichtesten schien es zwar, die Kohlensäure einfach durch Alkalien absorbiren zu lassen, das war aber nicht möglich, weil dadurch auch das in der ausgeathmeten Luft vorkommende Gift zerstört würde, was zur Folge

hätte, dass bei Verwendung der Alkalien auf einmal die Kohlensäure, sowie das Lungengift verschwinden würde und die Versuchsthiere in dem letzten Käfig, sowie in dem ersten und anderen frische Luft bekommen würden. Zur Erreichung ihres Zieles schalteten also die Forscher vor die letzten zwei Käfige einen breiten, mit Glasperlen (welche mit concentrirter Schwefelsäure benässt waren) gefüllten Glascylinder ein. Die Folge davon war, dass sich die Schwefelsäure des Lungengiftes sowie der organischen Stoffe, welche aus den ersten (sechs) Käfigen kamen, bemächtigte, während die Kohlensäure frei durchging. Die in die letzten zwei Käfige eintretende Luft war infolge dessen frei von dem Lungengift, enthielt aber die Kohlensäure in unveränderter Menge. Die so gewaschene Luft war nicht giftig, denn die in den letzten zwei Käfigen befindlichen Thiere blieben gesund am Leben, was ein neuer Beweis für die Unschädlichkeit der Kohlensäure, sowie für Schädlichkeit des Lungengiftes ist.

Die Erscheinungen bei den in der Reihe von Käfigen gehaltenen Thieren waren ähnlich jenen nach der subcutanen oder intravenösen Injection. Der Tod trat ohne Agonie oder wenigstens ohne Krämpfe ein, worauf die Autoren aus der Position der todt gefundenen Thiere schliessen.

Da von Vielen, welche die Existenz eines Lungengiftes leugneten, der Einwand gemacht wurde, dass vielleicht Ausdünstungen des Harnes oder der Fäces wenn nicht die einzige, so doch die hauptsächliche Ursache des Sterbens der Thiere waren, welche die Luft athmeten, die durch die Schwefelsäure nicht geleitet wurde, so haben Brown-Séquard und d'Arsonval[1]) den folgenden Controlversuch durchgeführt.

Wie oben angeführt wurde, befand sich unterhalb jedes Käfigs ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss, in welches die thierischen Exkremente und Futterabfälle fielen. Auf jedes solche Gefäss wurde ein Zinkdeckel befestigt, dessen Rand in's Wasser (in der an der oberen Glasperipherie befindlichen Rinne) tauchte. In der Deckelmitte befand sich eine Oeffnung, durch welche der untere Theil der Käfigsröhre bis in's Wasser führte. Es befand sich also bei jedem Käfig ein hermetisch geschlossener, theilweise mit Wasser gefüllter Glasbehälter. Durch den Deckel führte ferner ein knieförmig gebogenes Röhrchen, welches in die Luft oberhalb des Wassers führte. Die gebogenen Röhrchen aller (sechs) Wasserbehälter wurden dann in eine gemeinschaftliche Leitung vereinigt, welche zu dem unteren Ende eines Käfigs führte, welcher aber nicht in die Serie jener Käfige gehörte, in welchen sich die, die verdorbene Luft athmenden Kaninchen befanden. In diesem separirten Käfig befand sich ein grosses Kaninchen, welchem sämmtliche Luft zugeführt wurde, welche oberhalb des Wassers circulirte, in welches die Exkremente von den in sechs Käfigen untergebrachten Kaninchen fielen. Der Käfig, in welchem das Kaninchen die Ausdünstungen des

1) Recherches montrant que la mort par inhalation du poison que contient l'air expiré n'est pas activée par les émanations de vapeurs provenant de l'urine et des matières fécales des animaux soumis à cette inhalation. Comptes rendus, 1889, CVIII, S. 1295.

Harnes und der Fäces athmete, wurde schliesslich mit einem Aspirator verbunden, welcher den Luftstrom in dieser Leitung verursachte. Der Versuch dauerte fast volle 3 Monate, ohne dass das Kaninchen bemerkbare Erscheinungen aufwies.

In einem Theile seiner Arbeit kam Merkel[1]) auf Grund ähnlicher Versuche zu ganz analogen Resultaten wie Brown-Séquard und d'Arsonval.

Es wurden vier luftdicht abgeschlossene ($1^1/_2$ l) Glasgefässe durch Glasröhren mit einander verbunden und in jedes je eine Maus gebracht. Zwischen das dritte und vierte Gefäss wurde eine Geissler'sche Röhre mit Schwefelsäure eingeschaltet. Mittels Aspirators wurde langsam durch die Gefässe Luft gesogen. Es zeigte sich, dass die in das dritte Gefäss verbrachte Maus zuerst verendete und zwar nach 16—20 Stunden, während die im letzten Gefäss befindliche am Leben blieb; wurde vor die dritte Maus noch eine Röhre mit Calciumchlorid eingeschaltet, so starb dieselbe ca. 1 Stunde früher.

Zur Sicherstellung, dass die im letzten Gefäss befindliche Luft nicht bei einer eventuellen Störung des Versuches mit der im Aspirator befindlichen frei communicire, war hinter dem Glasgefäss noch eine mit Schwefelsäure gefüllte Geissler'sche Röhre eingeschaltet.

Wurden fünf Gefässe mit Mäusen in Verwendung genommen und mittels einer Gasuhr die durchstreichende Luft gemessen (pro Stunde 11 bis 12 l), so starb die vierte Maus nach $19^1/_2$ Stunden, die dritte nach $21^1/_2$ Stunden, während die letzte Maus, sowie die beiden ersten am Leben blieben.

Die Annahme, der Tod der betreffenden Mäuse sei durch Kohlensäurevergiftung oder Sauerstoffmangel bewirkt, wurde hiedurch ausgeschlossen, er musste vielmehr auf ein durch Schwefelsäure zerstörbares oder mit derselben in eine Verbindung eingehendes flüchtiges Gift in der Ausathmungsluft zurückgeführt werden; wahrscheinlich war es eine flüchtige Base.

Weitere Versuche bestätigten diese Annahme und ergaben noch Folgendes:

Wenn mehrere Mäuse in die einzelnen Gefässe verbracht wurden, dann bildete sich sehr viel Condenswasser an der Wand der Glasgefässe, und die Mäuse gingen bedeutend später zu Grunde, jedoch immer die vor der Schwefelsäure befindliche zuerst und die hinter der Schwefelsäure befindliche nie. Das Einschalten von einem mit trockenen Bimssteinen gefüllten Kölbchen vor dem dritten Gefässe hatte wiederum zur Folge, dass die betreffenden Mäuse etwas früher starben.

Es scheint also Merkel, dass sich das hypothetische flüchtige Ausathmungsgift (Alkaloïd) doch in dem Condenswasser löst und dadurch den Tod der Mäuse verzögert.

Einen andauernd ganz gleichmässigen Luftstrom durch die Glasgefässe hindurchzuleiten, war sehr schwierig. Ein kleiner gewöhnlicher Aspirator liess sich auf die Dauer nicht verwerthen, die Wasserstrahl-Luftpumpe hatte

1) S. Merkel, Neue Untersuchungen über die Giftigkeit der Exspirationsluft. Archiv f. Hygiene, XV, 1892.

wieder eine sehr wechselnde Saugkraft. Darin lag auch der Grund, dass die Zeit, innerhalb welcher die Thiere starben, bei den einzelnen Versuchen so sehr verschieden war. Ob die vor dem letzten Thiere befindliche Schwefelsäure öfters gewechselt wurde oder nicht, hatte keinen Einfluss auf das Befinden des Thieres, denn etwas somnolent sind ja alle Thiere bei länger dauerndem Versuche. Wurde die Schwefelsäure nicht gewechselt, so zeigte sie am Ende des Versuches eine gelbliche Verfärbung derselben.

Erscheinungen, welche die Thiere vor ihrem Tode darboten, waren zuerst Unruhe und allmählich zunehmende Beschleunigung der Athmung; im weiteren Verlaufe Athemverlangsamung, schliesslich stossweise tiefe, immer seltener werdende Athmung, bis endlich der Tod eintrat. Ein Unterschied der Todesart auf diese Weise und an directer Kohlensäurevergiftung konnte nicht wahrgenommen werden. Der Gehalt der durch die Glasgefässe geleiteten Luft an Kohlensäure war nicht giftwirkend, er betrug höchstens 1,5 %.

Wurde vor das vorletzte Glasgefäss eine Geissler'sche Röhre mit 0,1% Salzsäure eingeschaltet, so blieb bei dieser Modification des Versuches in der gewohnten Weise die durch Schwefelsäurevorlage geschützte letzte Maus am Leben und auch die durch Salzsäurelösung geschützte vorletzte Maus. Bei diesem Versuche befanden sich ausser in den beiden letzten Gefässen überall zwei Mäuse. Zwischen dem zweiten und dritten Gefässe befand sich ein Kölbchen mit trockenen Bimssteinen eingeschaltet. Die im dritten Gefässe befindlichen beiden Mäuse verendeten nach 36 Stunden, etwas später die eine der im zweiten Gefässe befindlichen Mäuse.

Wurden von der Salzsäurelösung, durch welche die Luft hindurchgestrichen war, 3 ccm einer Maus subcutan injicirt, so wurden keine Erscheinungen bemerkt.

Bei der Section der zu Grunde gegangenen Mäuse wurde nichts Abnormes vorgefunden.

In weiteren Versuchen arbeitete Merkel mit der von Menschen ausgeathmeten Luft. Er construirte zu diesem Zwecke einen Apparat, bei welchem die Ausathmungsluft der Menschen durch 500 ccm schwache Salzsäurelösung (1 %, 0,25 % bis 0,1 %) durchstrich. Der ganze Apparat stand in einem mit 37° C. warmen Wassers gefüllten Bottich, um jede Condensation der Ausathmungsluft zu vermeiden. Nach vollendetem Versuche wurde die Salzsäurelösung eingedampft, der Abdampfrückstand im Wasser gelöst und die Lösung einer Maus oder einem Kaninchen eingespritzt. Erscheinungen, welche die Injection hervorgerufen hat, waren meistens vorübergehend: Die Mäuse zeigten eine Benommenheit, verlangsamte Athmung, Abnahme der Fresslust und sassen regungslos auf demselben Fleck. Bei allen Mäusen verschwanden diese Erscheinungen gewöhnlich nach 2 Stunden, nur eine Maus ist zu Grunde gegangen; der Sectionsbefund bei derselben wies nichts Besonderes auf; der Versuch, aus dem Blute oder der Milz irgend welche Mikroorganismen zu züchten, blieb erfolglos Das Verenden der einen Maus erklärt Merkel dadurch, dass die athmende Person an Foetor ex ore litt. Auf Grund dieser eben angeführten Versuche meint

Merkel, dass die ausgeathmete Luft organische Substanzen in sehr geringer Menge enthält; diese Substanzen in der zur Injection verwendeten Menge sind entweder nicht giftig oder werden, indem sie mit der Salzsäure in Verbindung treten, ungiftig, oder sind endlich bei den Thieren, welchen sie injicirt wurden, wirkungslos.

In anderen Versuchen hat Merkel die Salzsäurelösung, durch welche die Ausathmungsluft strich, mit Natronlauge übersättigt, destillirt und die ersten Destillatpartien Mäusen injicirt, oder man destillirte in ein Gefäss, in welchem eine Maus sich befand und athmete. Bei Injection des Destillats wurde an der Maus eine gewisse Benommenheit beobachtet, welche nach 2 Stunden wieder verschwunden ist. Bei der zweiten Modification konnte Merkel überhaupt keine Vergiftungserscheinungen beobachten.

In anderen Versuchen hat Merkel statt der Salzsäure 0,1 proc. Essigsäurelösung genommen und nach Eindampfen derselben den Rückstand injicirt. Da bei Verwendung der Essigsäure das Versuchsresultat ganz negativ war, so glaubt Merkel, dass jene ausgeathmeten Substanzen sich entweder mit der Essigsäure nicht verbinden oder beim Eindampfen der letzteren zerstört werden. Weitere Versuche von Merkel, aus der schwachen Salzsäurelösung jene Giftstoffe zu isoliren, blieben ohne Erfolg.

Die bisher angeführten Versuche sprechen für die Giftigkeit der Ausathmungsluft. Jetzt werden wir unsere Aufmerksamkeit jenen Versuchen zuwenden, welche namentlich durch Versuche von Brown-Séquard und d'Arsonval angeregt und als Controlversuche, gleich oder modificirt angeordnet, zu ganz entgegengesetzten Resultaten führten, nämlich dass die Ausathmungsluft keine giftige Wirkung besitzt.

Hermans[1]) hat seine Versuchsperson in einen luftdicht verschlossenen Kasten eingesperrt. Bei dieser Person zeigte sich Unbehagen erst dann, als der Kohlensäuregehalt 3 % erreichte, Dyspnoë dann, wenn Kohlensäure auf 5,3 % stieg. Wurde für das Entfernen der Kohlensäure Sorge getragen, erschienen keine Beschwerden, und zwar nicht einmal dann, wenn der Sauerstoffgehalt auf 10 % heruntersank. Behufs Isolirung der hypothetischen organischen Athmungsproducte wurde die aus dem Kasten kommende Luft durch Schwefelsäure von bekanntem Titer durchgesogen; der Titer derselben wurde stets unverändert befunden. Wurde die Luft aus dem Kasten über glühendes Kupferoxyd geleitet und in dieser Luft Wasser und Kohlensäure quantitativ bestimmt, so wurden diese in derselben Proportion vorgefunden wie in der Luft, bevor dieselbe das Kupferoxyd passirte. Die Luft aus dem Kasten wurde auch durch sauere, sowie alkalische Permanganatlösung geleitet; in beiden Fällen wurde der Titer der Permanganatlösung unverändert vorgefunden. Das Condenswasser, welches durch Leiten der Ausathmungsluft durch Kühlröhren gewonnen wurde, bewirkte ebenfalls keine Veränderung des Titers der Permanganatlösung. Im Kasten wurde kein besonderer Geruch bemerkt. Selbstverständlich wurde für Reinlichkeit des Körpers sowie der Kleidung in diesem Versuche möglichst grosse Sorge getragen.

---

1) Hermans, a. a. O.

Dastre und Loye[1]) liessen einem Hund die von einem anderen Hund ausgeathmete Luft einathmen; das Resultat war negativ. Wurde die von einem tracheotomirten Hunde ausgeathmete Luft durch gekühlte Glasspiralen geleitet und die so gewonnene Condensflüssigkeit Kaninchen, Hunden oder Fröschen subcutan oder intravenös injicirt, so konnte man nie Vergiftungserscheinungen beobachten. Drei Kaninchen gingen zu Grunde und zwar ein junges nach Injection von 30 ccm, zwei erwachsene nach Injection von 50—100 ccm. Die Todesursache suchen Dastre und Loye durch die Wirkung zu grosser Wassermengen zu erklären und bestätigten dies durch Controlversuche.

Hoffmann von Wellenhof[2]) bediente sich zur Abkühlung des Wassers keiner mit Eis bedeckten Glasspiralen, sondern er stellte eine Flasche von 2 l Inhalt in Eis ein und, um nichts zu verlieren, führte er die ausgeathmete Luft aus der ersten Flasche in eine zweite ebenfalls durch Eis gekühlte Flasche. Damit vor dem Eintritt in die Flasche kein Wasser sich condensiren konnte, leitete er die Luft durch eine auf 37° C. erwärmte Röhre, welche U-förmig gebogen und an einem Ende mit Watte verstopft war, damit einerseits pathogene Keime, andererseits Speichel zurückgehalten werden. Diese Röhre stand in Verbindung mit einem Kautschukrohr, in welches geathmet wurde. Der ganze Apparat wurde vor dem Versuche durch Erhitzung auf 140° C. sterilisirt. Die gewonnene Condensflüssigkeit war von neutraler Reaction.

Da die Injection bis zu 30 ccm Condensflüssigkeit bei Kaninchen und Meerschweinchen keine Wirkung erzielte, so meint Hoffmann von Wellenhof, dass die Ausathmungsluft des Menschen unter normalen Verhältnissen keine Giftstoffe enthält.

In gleicher Zeit machte Geyer[3]) Versuche über die Giftigkeit der Ausathmungsluft. Die von einem gesunden Menschen ausgeathmete Luft wurde durch Kühlröhren hindurchgeleitet und das so gewonnene Condenswasser einem gesunden Kaninchen subcutan injicirt. Geyer constatirte, dass keine Vergiftungserscheinungen eintreten.

In Italien controlirten die ersten Versuche von Brown-Séquard und d'Arsonval Russo, Giliberti und Alessi[4]) mit negativem Erfolg. Sie arbeiteten folgendermaassen: In geschlossenen Schulzimmern wurden die Wasserdämpfe etwa durch 2 Stunden auf mit Eis gekühlten Porcellanschalen condensirt. Zum Schlusse ihrer Versuche spürten die Verfasser selbst Unbehagen. Die so gewonnene Flüssigkeit wurde zuerst filtrirt und dann Kaninchen erfolglos injicirt.

---

1) Dastre und Loye, Société de Biologie, 1888.

2) G. v. Hoffmann-Wellenhof, Enthält die Exspirationsluft gesunder Menschen ein flüchtiges Gift? Wiener klin. Wochenschrift, 1888.

3) J. Geyer, Ueber den Giftgehalt der exspirirten Luft. Ref. im Jahresbericht für Thierchemie, 1889, XIX.

4) Russo, Giliberti, Alessi, Bolletino della Società d'igiene di Palermo, 1888.

Lehmann und Jessen[1]) (1890) arbeiteten ausschliesslich mit Condensflüssigkeit aus der Ausathmungsluft gesunder Menschen, vorwiegend Knaben und Mädchen von 10—14 Jahren.

Nachdem es in den ersten Versuchen, bei welchen nur eine Glasspirale angewendet wurde, nie ganz ohne Beimischung von Speichel zur Condensflüssigkeit abgelaufen war, verfuhren die Forscher in allen folgenden Versuchen zur Gewinnung reinen Condenswassers so, dass eine leere Waschflasche vor der Eisspirale eingeschaltet wurde, in welcher sich dann aller Speichel niederschlug. Die Versuchsanordnung war im Grunde dieselbe wie bei Brown-Séquard und d'Arsonval mit der Modification, dass vor die Glasspirale eine in warmes Wasser eingestellte Wulff'sche Flasche eingeschaltet wurde. Durch Einstellen der Wulff'schen Flasche in ein Wasserbad wurde eine zu frühe Condensation des Wassers verhindert. Da es möglich erschien, dass vielleicht die flüchtigen Bestandtheile der Ausathmungsluft durch die erste Spirale nicht condensirt würden, so wurde in einer Anzahl Versuchen mit dem in Eis stehenden ersten Sammelgefäss eine zweite Spirale verbunden, aus welcher dann in ein zweites Sammelgefäss im Laufe 1 Stunde etwa 1 ccm abtropfte, während durch die erste Spirale 15 bis 20 ccm pro Stunde geliefert wurden.

Die gewonnene Condensflüssigkeit war immer wasserklar, vollkommen geruchlos, von neutraler Reaction. Stets liess sich etwas Ammoniak durch das Nessler'sche Reagens nachweisen und zwar bei guten Zähnen der Versuchsperson wenig, bei schlechten Zähnen mehr, nie aber mehr als was 10 mg Ammoniumchlorid in einem Liter entsprechen würde. Spuren von Salzsäure fanden sich ebenfalls stets. Als die klare, aus Vorsicht noch filtrirte Flüssigkeit in Glasschalen im (Viktor Meyer'schen) Luftbade eingedampft wurde, ergab sie stets einen geringen Rückstand.

Dieser Rückstand bestand stets aus mikroskopisch sehr gut erkennbaren Krystallen, die dem rhombischen System angehörten; rhombische Tafeln und Säulchen dominirten. Diese Krystalle, unlöslich im Alkohol und Aether, schwer löslich im Wasser, leicht löslich in verdünnter Salzsäure, erwiesen sich glühbeständig und verwandelten sich auf Zusatz von Schwefelsäure ohne Aufbrausen langsam in Gypsnadeln. Sie stammten also nicht aus der Ausathmungsluft, sondern aus dem Glase der Spiralen selbst (höchst wahrscheinlich war es Calciumsilikat).

In einer Anzahl von Versuchen versuchten Lehmann und Jessen, durch Titriren mit sehr verdünnter Permanganatlösung bei Gegenwart von Schwefelsäure den Sauerstoffverbrauch der organischen Stoffe in dem Condenswasser zu bestimmen, und zwar fanden sie in zwei Controlproben Condensflüssigkeit vom gleichen Tage:

a) 10 ccm verbrauchten 0,036 mg Sauerstoff, also 1 l = 3,6 mg,
b) 10 » » 0,042 » » » » » = 4,2 »

1) K. B. Lehmann und F. Jessen, Ueber die Giftigkeit der Exspirationsluft. Archiv f. Hygiene, X, 1890.

Die ersten 3 ccm Destillat von 40 ccm Condensflüssigkeit verbrauchten 0,06 mg Sauerstoff, also 1 l Destillat 20 mg, oder wenn sie (sicher fälschlich) annahmen, dass alle organischen Stoffe in diese 3 ccm Destillat übergegangen sind, verbrauchte 1 l Condensflüssigkeit etwa $1^1/_2$ mg Sauerstoff zur Oxydation.

Alkaloïdähnliche Stoffe konnten weder in dem Condenswasser noch in dem Destillat nachgewiesen werden, obzwar alle Reactionen auf Alkaloïde benützt wurden. Nur Sublimat gab einige Male eine schwache Opalescenz, die aber am natürlichsten wie die Gelbfärbung des Nessler'schen Reagens auf Anwesenheit von Ammoniakspuren bezogen wurde. Die Würtz'sche Vorschrift zur Darstellung des Ausathmungsalkaloïds wurde zweimal versucht, es gelang aber nicht, ein kalk- und oxalsäurefreies Filtrat zu erhalten, das Abdampfen der Chlorhydrate ergab nur etwas Calcium und Ammoniumchlorid.

Das Resultat ihrer chemischen Untersuchungen fassten Lehmann und Jessen folgendermaassen zusammen: Das Condenswasser aus der Ausathmungsluft enthält neben geringen Mengen von Ammoniak und Spuren von Chlor eine sehr kleine Menge organischer Stoffe, welche ihrer Flüchtigkeit wegen nicht durch Eindampfen bestimmt werden können. Alkaloïdreactionen misslangen stets. Der Abdampfrückstand des Condenswassers besteht aus dem Kalksalz einer unbekannten Säure, vielleicht Kieselsäure, und stammt aus dem Glase der Spiralen.

Mit dem Condenswasser machten Lehmann und Jessen Versuche an Thieren. Sechs Versuche, bei welchen den Thieren subcutan 5—30 ccm Flüssigkeit injicirt wurden, und ein Versuch, bei welchem dem Thiere intravenös 18 ccm Condensflüssigkeit mit 5 ccm physiologischer Kochsalzlösung injicirt wurden, fielen negativ aus, es wurde keine schädliche Wirkung der Injection beobachtet.

Zwei Thiere, welchen 30 ccm Condensflüssigkeit mit 5 ccm physiologischer Kochsalzlösung intravenös injicirt wurden, verendeten infolge der niedrigen Temperatur, bei welcher der Versuch gemacht wurde.

Sechs weitere Versuche mit subcutaner Injection von 16—40 ccm Flüssigkeit aus dem »lavage du poumon« haben ebenfalls negatives Resultat gehabt.

Die Condensflüssigkeit, welche Lehmann und Jessen zweimal einathmeten, verursachte keine Schädigung, man konnte nur einen eigenthümlichen, nicht unangenehmen Geruch wahrnehmen; derselbe Befund wurde gemacht, als man prüfte, ob das Einathmen der Ausscheidung der Athmungsproducte sowie der Ausdünstung einer schmutzigen schwitzenden Haut und ebensolcher Kleider eines Arbeiters gesundheitsschädlich ist.

In dem ersten Theile seiner Arbeit weist Merkel[1]) darauf hin, dass bei den Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval sowie Anderen (Hoffmann von Wellenhof, Lehmann und Jessen) das zur Untersuchung benützte Quantum der Ausathmungsluft viel zu klein war, so dass, wenn organische Stoffe oder Toxine überhaupt in der ausgeathmeten Luft

1) a. a. O., S. 7.

vorhanden sind, ihre Menge doch sehr gering sein muss, und weiter darauf, dass fast sämmtliche Forscher das Condenswasser der Ausathmungsluft benützten. Merkel hat anfangs auf dieselbe Art Versuche unternommen, jedoch mit annähernd der fünfzehnfachen Menge der bisher zur Untersuchung gekommenen Luft. Das Condenswasser wurde stets unter die Rückenhaut der Thiere injicirt; die Temperatur der injicirten Flüssigkeit war die gewöhnliche Zimmertemperatur; Kochsalzlösung wurde nie hinzugefügt; als Versuchsthiere dienten meistens Mäuse, einige Male auch Kaninchen.

Einige von diesen Versuchen sollen hier angeführt werden:

1. Vorgelegt zwei Wulff'sche Flaschen, in 37° C. warmen Wassers stehend. Die Luft streicht dann durch mässig weite Glasröhren, welche in einem mit Eis gefüllten Behälter sich befinden, um schliesslich wieder durch eine gemeinsame Glasröhre aus dem Behälter heraus zu einer Gasuhr zu gehen. An der tiefsten Stelle im Behälter (grosse Glasglocke) ging aus den Glasröhren ein Abzugsrohr in eine unter demselben stehende Flasche zur Aufnahme der Condensflüssigkeit. Die Länge der in Eis liegenden Röhren, durch welche die Luft streicht, betrug 1,20 m. Dass die Röhren genug lang waren, bewies die Uebereinstimmung der Quantität des Condenswassers mit der von Lehmann und Hoffmann von Wellenhof erhaltenen: pro Kopf und Stunde etwa 15 ccm. Die Glasröhren wurden vor dem Versuche ausgeglüht, die vorgelegte Flasche sowie die Wulff'schen Flaschen im Koch-schen Dampfkochtopf sterilisirt.

Im Laufe des Tages wurden 2500 l Luft durchgeathmet. Erhalten hat man 100 ccm Condensflüssigkeit, welche wasserklar, von neutraler Reaction und geruchlos war. Auf Zusatz von Nessler's Reagens liess sich etwas Ammoniak nachweisen (gelblich-röthliche Farbe). Silbernitrat brachte keine Veränderung hervor. 3 ccm Condensflüssigkeit wurden einer Maus ohne jeden Erfolg injicirt, 70 ccm wurden ebenfalls ohne jede Einwirkung einem kleinen Kaninchen injicirt.

2. Durch denselben Apparat wurden 2400 l Luft durchgeathmet. Die gesammte Condensflüssigkeit, diesmal etwa in grösserer Menge, wurde bis auf etwa 5 ccm im Soxhlet'schen Vacuum eingedampft; die Temperatur des Wasserbades wurde dabei auf 39° C. gehalten. Zusatz von Nessler's Reagens brachte wieder Gelbfärbung, Sublimat schwache Opalescenz hervor, was beides für Ammoniak spricht. Alkaloïdreactionen sind negativ ausgefallen. Silbernitrat wurde nicht reducirt.

3. Es wurden 4200 l Luft durchgeathmet, man erhielt etwa 180 ccm Condensflüssigkeit, welche bis auf 2 ccm eingedampft wurde; diese 2 ccm wurden subcutan einer Maus eingespritzt, welche eine nur kurze Zeit dauernde Benommenheit zeigte.

Beu[1]) bediente sich zur Entscheidung der Frage, ob die ausgeathmete Luft überhaupt irgend welche organische Stoffe enthält, anfangs der Methode der Condensation der Ausathmungsluft.

1) Julius Beu, Untersuchungen über die Giftigkeit der Exspirationsluft. Zeitschrift f. Hygiene u. Infectionskrankheiten, 1893, XIV.

1. Die ausgeathmete Luft wurde durch eine mässig weite, 1,2 m lange, in einem Eisbehälter liegende Röhre geleitet. Die Glasröhre wurde vor dem Versuche ausgeglüht und mit Kaliumpermanganat und dann mit destillirtem Wasser ausgespült, so dass sie von jeder Spur der an ihr eventuell haftenden organischen Stoffe gereinigt wurde. Der Verunreinigung durch Mundflüssigkeit wurde durch das Vorlegen einer Wulff'schen Waschflasche, welche zur Verhütung einer vorzeitigen Condensation der hindurchziehenden Luft in einem Wasserbade von 37° C. stand, vorgebeugt. Die Waschflasche sowie das Aufnahmegefäss sammt allen in Anwendung gekommenen Kautschukröhren und Stopfen sind im Dampfkochtopf sterilisirt und dann mit Kaliumpermanganat und mit destillirtem Wasser abgespült worden.

Die Quantität der durchgeathmeten Luft wurde mittelst Gasometers gemessen. Die von Beu selbst in 8 Stunden durchgeathmete Luftmenge betrug 3000 l, die daraus erhaltene Condensflüssigkeit betrug etwa 100 ccm. Die letztere war wasserklar und zeigte bei Abnahme des Stöpsels einen eigenthümlichen, nicht unangenehmen Geruch, der nach einigen Tagen des Aufbewahrens moderig, schwammig wurde. Auf Zusatz von Nessler'schem Reagens zeigte sich eine recht deutliche Ammoniakreaction; Chlor konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Untersuchung auf organische Stoffe mit Kaliumpermanganat und Schwefelsäure ergab, dass zehn Tropfen = 0,5 g einer 0,395 proc. Kaliumpermanganatlösung zur Oxydation von 20 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit verbraucht wurden. Nach dem 5 Minuten dauernden Kochen derselben in einer Porcellanschale blieb noch eine leicht röthliche Färbung bestehen. Die ganze Menge der gewonnenen Condensflüssigkeit enthielt also, da 1 ccm Permanganatlösung etwa 2 mg organischer Stoffe entspricht, 5 mg organische Substanz.

Wenn 100 ccm Condensflüssigkeit aus 3000 l Luft in 8 Stunden 5 mg enthalten, so enthalten 300 ccm Condensflüssigkeit aus 9000 l Luft in 24 Stunden 15 mg organische Substanz, was einer Menge von 0,0017 mg pro Liter Ausathmungsluft entspricht.

Sämmtliche Alkaloïdreactionen fielen negativ aus.

2. Zur Darstellung des Salzes der hypothetischen Substanz construirte Beu einen dem Merkel'schen ähnlichen Apparat, der so eingerichtet war, dass die ausgeathmete Luft durch eine abgemessene verdünnte Salzsäurelösung hindurchgeleitet wurde.

a) Von Beu selbst wurden 500 l Ausathmungsluft durch 150 ccm einer 1 proc. Salzsäurelösung hindurchgeblasen. Die gesammte Flüssigkeit wurde auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft. Es blieb ein gelbbräunlicher Rückstand, während bei dem zur Controle vorgenommenem Abdampfen der gleichen Menge gleichprocentiger Salzsäure fast gar kein Rückstand erhalten wurde. Dieser Rückstand wurde in sterilisirtem destillirtem Wasser gelöst und die ganze Menge (1,5 ccm) einer weissen Maus unter die Rückenhaut ohne bemerkbare Folgen eingespritzt.

b) Durchathmen von 700 l Luft durch 150 ccm einer 0,5 proc. Salzsäurelösung, Abdampfen auf dem Wasserbad, Lösen des Rückstandes im Wasser und erfolglose Prüfung desselben auf Alkaloïde.

Aus den angeführten Versuchen schliesst Beu, dass in der Ausathmungsluft wirklich organische Stoffe vorhanden sind, jedoch in so geringer Menge, dass man wohl annehmen muss, es sei gerade diese Substanz weniger geeignet, die Luft eines Binnenraumes zu verschlechtern als die übrigen Ausscheidungen der Körperoberfläche (z. B. flüchtige Fettsäuren u. s. w.).

Ein anderer Versuch wurde von Beu so durchgeführt, dass eine in einem luftdicht verschlossenen Glasgefässe befindliche Maus 3 Stunden hindurch von Beu in das Gefäss hineingeathmete Luft von etwa 3200 Exspirationen athmete. Die Kohlensäure wurde von der Maus so ferngehalten, indem die Luft vor ihrem Eintritte in das Gefäss die mit Kalilauge getränkten Bimssteinstückchen passirte. An der Maus wurden während des ganzen Versuches keine Krankheitserscheinungen bemerkt.

Ferner wurden von Beu die Versuche von Brown-Séquard und Merkel wiederholt.

Vier durch paraffinirte Korke luftdicht verschlossene Glaskäfige, deren jeder eine weisse Maus enthielt, wurden durch Glasröhren miteinander verbunden. Ein constanter, in den ersten Käfig eintretender Luftstrom wurde mittelst eines Aspirators durch sämmtliche Käfige hindurchgesaugt und zwar so, dass das im ersten Käfige befindliche Thier seine, die übrigen die von ihren Vorgängern verdorbene Luft zur Athmung erhielten.

1. In dem ersten so eingerichteten Versuche wurden nach Verlauf von etwa 12 Stunden sämmtliche Thiere elend, ohne besondere Erscheinungen ausser vermehrter Athemfrequenz aufzuweisen. Nach 20 Stunden waren alle todt. Unter welchen Umständen und in welcher Reihenfolge die Thiere während der Nacht verendeten, wurde nicht beobachtet; Beu glaubt, dass der Tod infolge der zu niedrigen Temperatur des ungeheizten Zimmers (+ 8° C.), bei gleichzeitig erhöhtem Feuchtigkeitsgehalt der in den Käfigen befindlichen Luft (Condenswasser an den Innenwänden der Glaskäfige) eingetreten ist.

2. Der zweite Versuch wurde von Beu so angestellt, dass in vier Käfige je eine weisse Maus eingeschlossen und der ganze Apparat in einem geheizten Zimmer (14—16° C.) aufgestellt wurde. Die Ventilationsgrösse betrug 6 l pro Stunde. Nach einigen Stunden zeigte sich bei den letzten zwei Thieren eine Beschleunigung der Athmung, welche später noch grösser wurde. Die vierte Maus erlag endlich am neunten Tage; ausser der bedeutend beschleunigten Athmung und einer gewissen Somnolenz wurden an derselben keine besonderen Erscheinungen bemerkt. Bald darauf zeigte die dritte Maus eine sehr verringerte Athmung (40), wurde bewusstlos, athmete stossweise, lag an der Seite; nach dem Oeffnen der Käfige, wobei ein unerträglicher Geruch denselben entströmte, erholte sich diese Maus in 12 Stunden vollständig. Die zweite Maus zeigte sich bald nach dem Oeffnen ihres Käfigs munter. Die erste Maus blieb überhaupt während der ganzen Versuchsdauer stets munter.

Aus diesen Versuchen schliesst Beu, dass die letzten Thiere zuerst sterben, jedoch in seinen Versuchen sehr spät (am 9. Tage). Es kommt da vielleicht in's Gewicht die Wahl und Anzahl der Thiere, die Menge der

zugeführten Luft u. s. w. Man kann auch an andere schädigende Einflüsse denken: an Temperaturschwankung (nach unten hin), besonders bei sehr empfindlichen weissen Mäusen, wenn die Luft gleichzeitig feucht ist (in den letzten Käfigen). Durch Innehaltung einer gleichmässig warmen Zimmertemperatur erhalten sich die Versuchsthiere lange am Leben.

Mit dieser Annahme lässt sich auch gut die schon von Brown-Séquard und d'Arsonval gemachte Wahrnehmung, dass eine vor einem der Käfige eingeschaltete Säure, z. B. Schwefelsäure, das Leben des betreffenden Thieres erhält und zwar dadurch, dass durch die Säure die aus dem ersten Käfige kommende Luft ausgetrocknet wird.

Trotzdem Beu zu seinen Versuchen zahlreiche Thiere benutzt hatte, nie stellten sich die Krankheitserscheinungen so schnell ein wie zum Beispiel bei Menschen, welche plötzlich Ohnmachtsanfälle bekommen.

Weiter muss nach Beu auch in Betracht gezogen werden die Ausdünstung von der Körperoberfläche und Exkrementen, welche den nachfolgenden Thieren zugeführt wird.

Die Versuche von Uffelmann und Hermans (Einsperren der Personen in einen geschlossenen Raum) regten Beu zu folgendem Versuche an: Er athmete aus einem luftdicht verschlossenen Kasten das darin enthaltene Luftquantum (12 l) so lange ein und aus, bis die Willensenergie, weiter aus dem Kasten zu athmen, der Erstickungsnoth unterlag. Nach längerem Athmen (etwa nach $2^1/_2$ Minuten) trat Dyspnoë ein, nach 5 Minuten musste er aufhören. Das Allgemeinbefinden war stark alterirt: es bestand tiefe, stürmische Inspiration, der Puls stieg von 65 auf 80, es trat Oppressionsgefühl und heftiger, etwa 10 Minuten dauernder Kopfschmerz ein. Bei der Wiederholung desselben Versuches schaltete Beu die Kohlensäure durch vorgelegte Kalilauge aus; die Dyspnoë trat ebenfalls ein.

Diesen Versuch erklärt Beu so, dass die Dyspnoë als Folge des Sauerstoffmangels angesehen werden muss; die Kohlensäure könnte erst in zweiter Linie in Betracht kommen; die Wirkung der organischen Substanz tritt ganz in den Hintergrund.

Auf Grund seiner sämmtlichen Versuche hält Beu eine acute Vergiftung durch die in der Ausathmungsluft enthaltene organische Substanz für unmöglich. Plötzliche Ohnmachtsanfälle u. s. w. in überfüllten Räumen können auch durch andere Umstände erklärt werden. Inwieweit die Ausathmungsluft allein bei längerem Aufenthalte in schlecht ventilirten Räumen — abgesehen von den übrigen Ausscheidungen der Körperoberfläche — schädlichen Einfluss auf die Gesundheit ausübt, kann vorläufig nicht entschieden werden, denn die organische, aus der ausgeathmeten Luft gewonnene Substanz hatte keine giftige Wirkung und wurde in so geringer Menge erhalten, dass nähere Untersuchung unmöglich war.

Weiter muss man die Versuche von Rauer[1]) anführen, welcher die Versuche von Brown-Séquard und d'Arsonval, sowie von Merkel mit den hintereinander in Käfigen eingeschlossenen Thieren wiederholte.

1) Rauer, Untersuchungen über die Giftigkeit der Exspirationsluft. Zeitschrift f. Hygiene, XV, 1893.

Als Versuchsthiere dienten ihm weisse Mäuse, welche in Glasgefässen von ungefähr $1^1/_2$ l Inhalt eingeschlossen wurden. Durch den wohlgedichteten paraffinirten Kork führten drei Röhrchen: das eine derselben reichte bis auf den Boden und diente für den Eintritt der Luft; das zweite endete dicht unterhalb des Korkes und vermittelte den Austritt der Luft; das dritte, welches bis in die Höhe des Versuchsthieres hinabführte, war in der Regel verschlossen und diente zum Absaugen der Luft für die chemische Analyse derselben. Eine Reihe von so armirten Glaskäfigen wurde mittelst Gummischläuche luftdicht miteinander verbunden und der ganze so zusammengestellte Apparat an einen grossen Aspirator angeschlossen, welcher einen vollständig gleichmässigen, genau messbaren Luftstrom durch die Käfige sog und infolge seiner bedeutenden Grösse auch für eine lange Versuchsdauer ausreichte. Während der Versuchsdauer wurden von Zeit zu Zeit aus den Käfigen Luftproben entnommen und in denselben vor Allem der procentische Gehalt an Kohlensäure bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden geaichte Kölbchen von 500—600 ccm benutzt. Diese Kölbchen wurden zuerst mit Wasser gefüllt und sodann mit einem doppelt gebohrten Gummistopfen geschlossen; durch die eine Oeffnung führte ein bis auf den Boden des Kölbchens reichendes Röhrchen, durch die andere Oeffnung führte ein dicht unterhalb des Stopfens endendes Röhrchen. Die Entnahme der Luftproben aus Käfigen geschah derart, dass das mit Wasser gefüllte Kölbchen mit dem Boden nach oben umgestürzt und mit jenem aus dem Käfige führenden und zu diesem Zwecke bestimmten Röhrchen verbunden wurde; dadurch geschah es, dass die aus dem Käfige in das Kölbchen sich drängende Luft das Wasser herausdrückte, welches durch jenes kürzere Röhrchen aus dem Kölbchen entwich. Die Geschwindigkeit des Absaugens der Luft wurde natürlich geringer gesetzt als die der durch Käfige durchgezogenen Luft, um nur Luft aus dem betreffenden Käfige abzusaugen. Die Kohlensäure wurde durch Absorption mittelst Strontiumhydratwassers und Titriren mit Schwefelsäure bestimmt; nach Füllung der Kölbchen mit Luft wurde durch die eine Oeffnung des Gummistopfens eine abgemessene Menge von Strontiumhydratwasser mit Zusatz von Phenolphtaleïn als Indicator, durch drehende Bewegung des Kölbchens die Absorption erleichtert und in demselben Kölbchen zurücktitrirt. Die Richtigkeit der Titration wurde auch durch gewichtsanalytische Methode controlirt.

In den Anfangsversuchen, in welchen die Geschwindigkeit der durch Käfige gesogenen Luft 11—12 l pro Stunde betrug, blieben sämmtliche Versuchsthiere 8 Tage und länger am Leben, ohne irgend bemerkbare Erscheinungen aufzuweisen. Aus diesem Grunde wurde in den folgenden Versuchen mit bedeutend geringerer Ventilation gearbeitet.

In dem Versuche Nr. I, in welchem die Ventilationsgrösse auf 4 l pro Stunde herabgesetzt wurde, traten die ersten Erscheinungen bei den Thieren (fünf an der Zahl) auch erst nach mehreren Tagen ein. Die Erscheinungen waren die folgenden: anfangs mässige Athmungsbeschleunigung, welche in Verlangsamung überging, und diese steigerte sich bis zu stossweiser, durch lange Pausen unterbrochener Athmung. Die anfangs sehr unruhigen Thiere

sassen später apathisch und, wenn sie einigemal willkürliche Bewegungen ausführten, so geschahen diese langsam, kraftlos, unter Neigung auf die Seite zu fallen, bis endlich das Thier mit lang ausgestreckten Extremitäten regungslos auf der Seite liegen blieb und in derselben Lage auch zu Grunde ging. Diese Erscheinungen unterschieden sich also gar nicht von jenen der Kohlensäurevergiftung.

Während Brown-Séquard und d'Arsonval mittheilen, dass der Kohlensäuregehalt in dem letzten Käfige selten über 3 % hinausging, und Merkel fand, dass die Kohlensäure im letzten Käfige maximal 2 % betrug, gibt Rauer an, dass schon nach 5 Stunden der Kohlensäuregehalt der Luft des fünften Käfigs auf 9,3 % und bei weiterer Herabsetzung der Ventilationsgeschwindigkeit sogar auf über 14 % gestiegen war.

Nach 6 Stunden wurden zwischen dem vierten und fünften Käfig vier U-Röhren mit in Kalilauge getränktem Bimsstein eingeschaltet. Nach 10 Stunden wurden sowohl Röhrchen wie Bimsstein mit weissem Beschlage bedeckt vorgefunden. Da der Kohlensäuregehalt der Luft des fünften Käfigs trotz der Vorlage mit Kalilauge auf derselben Höhe blieb, so musste man schliessen, dass die Kalilauge mit Kohlensäure vollständig gesättigt wurde.

Dass Brown-Séquard und d'Arsonval sowie Merkel so geringen Kohlensäuregehalt in ihren Versuchen gefunden haben, erklärt Rauer so, dass die Wasserstrahlluftpumpe, mit welcher die erwähnten Forscher arbeiteten, wahrscheinlich sehr ungleichmässig, bzw. zeitweise auch durch Vermittelung von Nebenöffnungen functionirte. Namentlich wenn durch Einschalten von Schwefelsäure, Kalilauge u. A. der eindringenden Luft stärkere Widerstände gesetzt werden, da können entweder kleinste Nebenöffnungen zwischen dem letzten Käfig und der Pumpe den Luftzutritt vermitteln, oder das Durchsaugen der Luft durch die Käfige geschieht nur stossweise, wenn der Ueberdruck der äusseren Luft so weit gestiegen war, um die Widerstände zu überwinden, und in den Zwischenperioden fehlt jede Ventilation. Unter solchen Umständen kann der Kohlensäuregehalt sehr stark variiren und einzelne Bestimmungen geben kein richtiges Bild der Luftbeschaffenheit. Rauer hat sich wirklich selbst von dieser Möglichkeit überzeugt und war deshalb bei weiteren Versuchen besonders aufmerksam, dass der Aspirator gleichmässig arbeite, und dass die Dichtung der ganzen Leitung möglichst völlig sicher sei.

In dem Versuche Nr. II mit einer Serie von sechs Thieren wurde zwischen den vierten und fünften Käfig eine Geissler'sche Röhre mit concentrirter Schwefelsäure, zwischen dem fünften und sechsten Käfig vier Thürme mit Natronkalk eingelegt. Die Ventilationsgrösse betrug $2\frac{1}{2}$ l pro Stunde.

Entgegengesetzt den Angaben von Brown-Séquard und Merkel nützte die Vorlage der Schwefelsäure dem Thiere in dem folgenden Käfig gar nichts, denn es starb unter denselben Erscheinungen wie das fünfte Thier in dem vorhergehenden Versuche und zwar bedeutend früher als das Thier Nr. 4 und 3. Der Kohlensäuregehalt in seinem Käfige war wieder ein sehr hoher (13,7—12 %). Das sechste Thier, welches durch den Kohlen-

säure absorbirenden Natronkalk geschützt war, blieb aber dauernd wohl; der Kohlensäuregehalt in seinem Käfige war ein geringer (7—3,7 °/₀).

Der Kohlensäuregehalt in diesem Versuche war im allgemeinen verhältnismässig geringer als in dem Versuche Nr. I. Den Grund davon sucht Rauer einerseits darin, dass zu diesem Versuche kleinere Thiere als sonst benutzt wurden, andererseits darin, dass infolge der Einschaltung der concentrirten Schwefelsäure der Widerstand ein so grosser war, dass erst nach einer starken Verdünnung des Luftraumes im Aspirator die Luft durchtrat, dann aber auch ein grösseres Volumen auf einmal durchstrich.

Um den genannten Uebelstand abzustellen, wurde von Rauer ein dritter, ebenso eingerichteter Versuch durchgeführt, nur dass anstatt der flüssigen Schwefelsäure ein Thurm mit in concentrirter Schwefelsäure getränktem Bimsstein benutzt wurde, was zur Folge hatte, dass der Luftstrom (3 l pro Stunde) gleichmässig, ununterbrochen sich bewegte. Der Kohlensäuregehalt war schon nach 5 Stunden ein hoher, die Thiere waren zwar unruhig, sonst aber relativ wohl. Nach 10 Stunden zeigten schon alle Thiere eine starke Veränderung der Athmung, wobei auch das erste und sechste Thier krank war, am meisten hat aber auch hier das fünfte Thier gelitten. Am nächsten Morgen wurden alle Thiere bis auf das erste todt gefunden, welches, auf eine flache Schale gelegt, sich in der frischen Luft rasch erholt hat.

Dieser abnorme Verlauf des Versuches bewegte Rauer, zur Aufklärung dieser Erscheinung noch weitere zwei Versuche durchzuführen.

In dem Versuche Nr. IV von derselben Anordnung waren die Thiere schon nach 3 Stunden stark afficirt. Der Kohlensäuregehalt des fünften Käfigs war sehr bedeutend (13,7 °/₀), in dem sechsten Käfig etwas geringer (11,9 °/₀). Der Natronkalk (ca. 800 g) war also schon in einer so kurzen Zeit durch die massenhaft entwickelte Kohlensäure gesättigt. Dadurch war zwar der Tod des sechsten Thieres, nicht aber das rasche Sterben der Thiere 4, 3 und 2 und das Erkranken des ersten Thieres im vorigen Versuche erklärt.

Deshalb wurde in dem Versuche Nr. V der gebrauchte Natronkalk durch frischen ersetzt. Trotzdem aber betrug schon nach kurzer Zeit (4 Stunden) der Kohlensäuregehalt im sechsten Käfige 11,23 °/₀. Als Ursache davon wurde eine Undichtigkeit nahe am Aspirator vorgefunden, welche auch die starke Wirkung auf die Thiere 4, 3, 2 und 1 im Versuche Nr. III erklärten, indem diese Thiere bei der mangelhaften Ventilation an der selbst producirten Kohlensäure erstickt worden sind.

Der Versuch Nr. VI war die Wiederholung des vorigen Versuches mit richtig durchgeführter Dichtung der ganzen Leitung. In der Luft des fünften Käfigs gab es schon nach 1 Stunde 11,3 °/₀ Kohlensäure, welche langsam bis auf 14,7 °/₀ stieg. Nach 2 Stunden wurde das Thier auffallend unruhig, nach 5 Stunden vollkommen apathisch und starb endlich (nach 54 Stunden). Das sechste Thier blieb während des ganzen Versuches vollkommen wohl. Der Versuch wurde unterbrochen, als das vierte Thier flache, stossweise Athmung zeigte; dasselbe Thier hat sich an der frischen Luft nach 2 Stunden vollständig erholt.

In dem Versuche Nr. VII wurde die Ventilationsgeschwindigkeit auf 1,32 l pro Stunde herabgesetzt. Schwere Krankheitserscheinungen traten bei dem fünften Thiere schon nach 2 Stunden ein, wobei der Kohlensäuregehalt des Käfigs schnell in die Höhe ging, bis er nach 9 Stunden das Maximum von 15,4 % erreichte. Das fünfte Thier starb zwischen der 13. bis 24. Stunde (in der Nacht). Hierauf gingen auch die Thiere 4 und 3 zu Grunde. Auch in diesem Versuche blieb das sechste Thier lebendig und gesund.

War die Kohlensäure — schreibt Rauer weiter — wirklich das einzige schädliche Agens in der Luft der Käfige, dann müssten ungefähr die gleichen Erscheinungen sich durch ein künstliches Gemenge von Luft und reiner Kohlensäure hervorrufen lassen, in welchem die Kohlensäure in demselben Procentsatze wie in den Käfigen vertreten wäre; auf diese Weise könnte der hypothetische Giftstoff der Ausathmungsluft eventuell am sichersten ausgeschlossen werden. Diese Controlversuche wurden in folgender Anordnung durchgeführt: Eine grosse Flasche (von 10—14 l Inhalt) wurde mit einem Gasgemisch von bekanntem Procentgehalt an Kohlensäure gefüllt. Dieselbe wurde einerseits mit einer Auslaufsflasche, andererseits mit einem Mäusekäfig, der ebenso armirt war wie in den früheren Versuchen, verbunden. Die aus der Auslaufsflasche in die mit Gasmischung gefüllte Flasche übertretende Flüssigkeit drückte das Gasgemisch mit regulirbarer Geschwindigkeit in den Mäusekäfig und von da in die umgebende Luft. Da jedoch dabei das Wasser zu viel Kohlensäure absorbirte, wurde zum Durchdrücken dieser Säure concentrirte Kochsalzlösung benutzt, welche fast gar keine Kohlensäure absorbirt.

In dem Versuche Nr. I wurde in den Käfig ein Gemisch, welches 7,5 % Kohlensäure enthielt, mit einer Geschwindigkeit von 1,3 l pro Stunde geleitet; nach 5 Stunden gab es in der Käfigluft 12,73 % Kohlensäure. Die Maus war weniger lebhaft, die Athmung unbedeutend verlangsamt.

In dem Versuche Nr. II wurde durch den Käfig ein Gemisch von 14,8 % Kohlensäure mit einer Geschwindigkeit von 4 l pro Stunde geleitet. Das Thier wurde schon nach einer Viertelstunde unruhig, nach 1 Stunde sass es ruhig im Käfig ohne Reactionsbewegung auf Beklopfen oder Schütteln des Käfigs. Nach einer weiteren halben Stunde lag die Maus mit ausgestreckten Extremitäten bewegungslos auf der Seite, athmete langsam und mühsam. Der Kohlensäuregehalt des Käfigs stieg durch die ausgeathmete Kohlensäure auf 15,75 %. Nach 3 $^1/_2$ Stunden vom Beginn des Versuches war die Athmung eine stossweise. Trotzdem blieb aber die Maus noch etwa 12 Stunden am Leben.

Im Versuche Nr. III wurde die gleich beim Beginn des Versuches 15,3 % Kohlensäure enthaltende Luft mit einer Geschwindigkeit von 4 l pro Stunde durchgeleitet. Nach 1 Stunde war das Thier reactionslos, athmete sehr langsam, regelmässig, zeitweise erschienen einige krampfhafte, dyspnoische Einathmungen; nach kurzer Zeit sank das Thier auf die Seite und blieb bewegungslos bis zum Tode, welcher gegen die 40. Stunde eintrat, liegen.

Aus seinen Versuchen zieht Rauer den Schluss, dass er den sicheren Nachweis geliefert hatte, dass in der Ausathmungsluft kein organisches Gift

vorhanden ist. In der Reihe von Controlversuchen ist das Vorhandensein eines solchen Stoffes völlig ausgeschlossen, da die bei den Versuchen benutzte Kohlensäure aus reinstem Materiale vorbereitet und die Ventilationsgrösse so bedeutend war, dass keine Retention der Exspirationsproducte der Versuchsthiere stattfinden konnte. Trotzdem stimmten die Erscheinungen, sowie der schliessliche Tod vollkommen mit dem Krankheitsbilde in der ersten Versuchsreihe, bei welcher mit gleicher Ventilation gearbeitet wurde. Der Versuch, das hypothetische Respirationsgift (Alkaloïd) durch Schwefelsäure zu zerstören, ist Rauer nie gelungen, denn das Thier, welches durch die Schwefelsäure geschützt werden und deshalb später verenden sollte als die anderen, wie es in den Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval sowie von Merkel der Fall war, erkrankte immer früher und starb auch früher als die übrigen.

Man muss also die Erkrankung und den schliesslichen Tod der Versuchsthiere ausschliesslich auf die Wirkung der Kohlensäure zurückführen. Das geht deutlich auch daraus hervor, dass das Thier, welches vor Kohlensäurewirkung durch genügende Menge von Kohlensäure absorbirendem Mittel (Natronkalk) geschützt wurde, dauernd gesund blieb, denn der Natronkalk ist kaum geeignet, gegen ein organisches Gift Schutz zu gewähren. Andererseits verendete das sechste Thier ebenso schnell wie das fünfte Thier, wenn der gesättigte Natronkalk die Kohlensäure nicht mehr absorbiren konnte.

Den Unterschied, dass in der ersten Versuchsreihe die Thiere früher zu Grunde gingen als in der Reihe von Controlversuchen, erklärt Rauer so, dass in den ersten Versuchen die Thiere Sauerstoff zur Kohlensäurebildung verbrauchten, wodurch neben der Anhäufung der Kohlensäure gleichzeitig in der Käfigluft bis zu einem gewissen Grade auch Sauerstoffmangel eintrat, was in den Controlversuchen nicht der Fall war.

Für die Wirkung der Kohlensäure spricht ferner auch, dass die betäubten Thiere nach Unterbrechung des Versuches sich spätestens in 2 Stunden an der frischen Luft vollständig erholten, während, wenn es sich um einen alkaloïdähnlichen Stoff gehandelt hätte, die Erholung, wenn sie noch möglich wäre, sehr langsam erfolgen würde.

Nach Meinung Rauer's trat der Tod in Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval sowie von Merkel auch nur infolge der Kohlensäurevergiftung ein.

Die Richtigkeit der Befunde von Merkel und Beu, nämlich die Sicherstellung einer sehr geringen Menge von organischen Stoffen in der Ausathmungsluft des Menschen, nicht leugnend, macht Rauer den beiden Forschern den Vorwurf, dass sie einen dringend nöthigen Controlversuch zu machen unterlassen haben, ob denn die Einathmungsluft selbst nicht schon jene organischen Stoffe enthält; denn Uffelmann hat gezeigt, dass in der gewöhnlichen Zimmerluft nachweisbare Mengen von organischen Stoffen sich finden.

Im Jahre 1894 prüften Lübbert und Peters[1]) die Versuche von Brown-Séquard und d'Arsonval zum Nachweise des in der Aus-

1) Lübbert und Peters, Ueber die Giftwirkung der Ausathmungsluft. Pharmaceutische Centralhalle 1894. Ref. Hygien. Rundschau, 1894.

athmungsluft enthaltenen Giftes. Durch ihre an Meerschweinchen durchgeführten Versuche gelangten sie zu demselben Resultate wie Rauer bei seinen Versuchen an Mäusen, dass nämlich die Giftigkeit der Ausathmungsluft lediglich durch die Anhäufung der Kohlensäure erklärt werden kann. Da Natronkalk, welcher, vor die letzten Meerschweinchen eingeschaltet, für dieselben lebenserhaltend wirkte, auch ein etwaiges saueres Gift zurückhalten könnte, so wurden vier Waschflaschen mit Kaliumpermanganat, welches 1% Schwefelsäure enthielt, anstatt des Natronkalkes eingeschaltet; diese wirkten zwar ebenso wie Absorptionsthürme mit Bimsstein, häufig auch lebenserhaltend; es zeigte sich aber, dass die sauere Permanganatlösung verhältnismässig viel Kohlensäure verschluckte.

Weiters wurden die Versuche folgendermaassen durchgeführt: Die von dem Käfig des dritten Meerschweinchens kommende Luft trat in ein 75 cm langes, mit gekörntem Kupferoxyd ohne Gassenbildung gefülltes Verbrennungsrohr, das in einem Erlenmeyer'schen Gasofen durch 36 Bunsenbrenner geglüht werden konnte. Die erhitzte Luft wurde in einem schlanken, von Eis umgebenen Cylinder abgekühlt und das condensirte Wasser in demselben gesammelt. Die wasserfreie Luft ging weiter durch zwölf U-förmige, 2 mm im Durchmesser messende Glasröhren von je 80 cm Schenkellänge, welche zusammen ein 20 m langes Kühlrohr bildeten, so dass während der 72 Stunden beobachteten Versuche die Luft constant mit 18° C. Wärme in den Käfig des vierten Meerschweinchens eintrat; die Zimmertemperatur schwankte während des Versuches zwischen 21,5 und 17,5° C. Hinter dem dritten Thiere war der Kohlensäuregehalt 10,8—11,1% und fast ebenso gross (10,73—11,3%) war der Kohlensäuregehalt hinter dem langen Kühlrohre. Bei dem vierten Meerschweinchen ergab die Kohlensäurebestimmung 11,2 bis 12,9%; dieses Thier ging nach 24 Stunden, etwas später auch das dritte Thier zu Grunde.

Dass nicht die Versuchsanordnung (die Verbrennungsvorrichtung) die Ursache des Todes des vierten Thieres bildete, erhellte daraus, dass ein anderes viertes Thier bei gleicher Anordnung des Versuches gesund geblieben ist, nachdem hinter dem langen Kühlrohre Natronkalkthürme und eine Controlflasche mit klarbleibendem Barytwasser eingeschaltet worden waren. Bei diesem Versuche starb das dritte Meerschweinchen nach 48 Stunden. Das vierte Thier erhielt dabei eine kohlensäurefreie Luft, welche nur 11,4 bis 12,6% Sauerstoff enthielt; die aus seinem Käfig kommende Luft enthielt 1,4—2% Kohlensäure und 10—10,2% Sauerstoff.

Aus ihren Versuchen ziehen die Verfasser den Schluss, dass das organische Gift in der ausgeathmeten Luft (nach Du Bois-Reymond Anthropotoxin genannt) ein für allemal als nicht existirend bezeichnet werden dürfe.

Billings, Weir Mitchell und Bergey[1]) beschäftigten sich vor Allem mit der Analyse der ausgeathmeten Luft, resp. des Condenswassers derselben und fanden in dem Condenswasser Ammoniak und organische Stoffe.

---

1) Billings, Weir Mitchell and Bergey, The composition of expired air and its effects upon animal life. Ref. in Hygien. Rundschau, 1897.

Das im Condenswasser gefundene Ammoniak wurde bei einem gesunden, einem tuberkulösen und einem tracheotomirten Menschen quantitativ bestimmt, wobei constatirt wurde, dass dasselbe sehr gering ist; im Durchschnitt fanden sich pro Liter Condenswasser:

	Freies Ammoniak	Albuminoïd-ammoniak
beim gesunden Menschen . . .	0,019	0,081
› tracheotomirten Menschen	0,00046	0,00036
› tuberkulösen Menschen .	0,003	0,0034.

Die organischen Stoffe im Condenswasser wurden mittelst Kaliumpermanganats bestimmt und durchschnittlich folgende Zahlen (Milligramm Sauerstoff pro Liter Condenswasser) gefunden:

beim gesunden Menschen	10,72
› tracheotomirten Menschen . .	9,68
› tuberkulösen Menschen . . .	19,34.

Bei einem gesunden Menschen betrug der Gehalt des Condenswassers an organischen Stoffen 4 Stunden nach eingenommener Mahlzeit 11,98 mg, $^1/_2$ Stunde nach dem Essen 3,86 mg. Bei zwei Versuchen, welche während $3^1/_2$—4 Stunden durchgeführt wurden, wobei aber die Mundhöhle vorher gründlich ausgespült war, wurde die Zahl 2,49 erhalten. Reactionen auf eventuell vorhandene organische Alkaloïden im Condenswasser fielen sämmtlich negativ aus. Versuche, Condenswasser zu sammeln, resp. den Ammoniakgehalt der Luft eines Krankenzimmers zu bestimmen, schlugen fehl, es wurde dabei aber bemerkt, dass vor dem Condensationsapparate eingeschaltete Staubfilter den Ammoniakgehalt sehr herabsetzten.

Die Menge oxydirbarer Stoffe in der Luft war sehr schwankend, indem manchmal nur eine Spur derselben, ein anderes Mal wieder Mengen gefunden wurden, welche 0,204—0,558 g Sauerstoff pro 1000 l Luft verbrauchten, was hauptsächlich auf den verschiedenen Gehalt an organischem Staub, welcher in der Luft schwanken kann, zurückzuführen ist.

In einer anderen Versuchsreihe wurde die Zusammensetzung der Luft in einem geschlossenen Raume bestimmt, in welchem Versuchsthiere (Mäuse) gehalten und zu Grunde gegangen waren. Es zeigte sich, dass gewöhnlich die Thiere bei einem Kohlensäuregehalt von 12—13 % und bei dem Sauerstoffgehalt von 5—6 % starben. Um sicherzustellen, inwieweit verschiedene Verhältnisse beider Gase im Versuchsraume von Einfluss auf das Leben der Thiere sind, wurden verschiedene Thiere in Käfige, welche verschiedene Mischungen des Sauerstoffes und der Kohlensäure enthielten, gebracht. Es ergab sich, dass die Hauptursache des Todes der Thiere Sauerstoffmangel war, denn so lange das Thier eine Atmosphäre athmet, welche sechs oder mehr Procent Sauerstoff enthält, kann es auch bei Anwesenheit von 20 % Kohlensäure fortleben; steigt jedoch die Kohlensäure auf 30—40 %, so muss auch der Sauerstoffgehalt des Versuchsraumes auf 12 % erhöht werden, um das Thier am Leben zu erhalten. Je weniger Sauerstoff in der Mischung vorhanden ist, um so schneller geht das Thier zu Grunde.

Weiters wurden Versuche angestellt, um zu erforschen, ob Thiere schneller in einer Luft sterben, welche ein- oder mehrmals respirirt worden ist, oder in einer Atmosphäre, welche aus einer künstlichen Mischung von Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure in derselben Proportion besteht. Im Grossen und Ganzen wurden keine Unterschiede gefunden. Die Thiere gingen gleich zu Grunde und zeigten bei der Section alle Erscheinungen der Kohlensäurevergiftung. 13 Thieren wurde das Condenswasser der ausgeathmeten Luft von gesunden, sowie von einem tracheotomirten Menschen injicirt. Das Condenswasser wurde vorsichtig in sterilen Gefässen aufgefangen und dessen Keimfreiheit durch angelegte Culturen sichergestellt. Diese Flüssigkeit wurde den Kaninchen intravenös sowie intraperitoneal, den Meerschweinchen und weissen Ratten nur intraperitoneal in derselben Weise wie in den Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval und Hoffmann von Wellenhof injicirt. Die Versuchsergebnisse stimmten mit jenen von Hoffmann von Wellenhof überein, dass nämlich das Condenswasser der ausgeathmeten Luft weder toxische noch andere schädliche Wirkungen auf die Versuchsthiere ausübte.

Ferner wiederholten die Verfasser die Versuche von Brown-Séquard und d'Arsonval, indem sie in 33 Versuchen verschiedene Thiere in eine Reihe von Glockenkäfigen brachten, in welche die Luft dadurch mehr und mehr von den vorgehenden Thieren verunreinigt einströmte. Bei der Mehrzahl der Thiere war es ganz klar, dass der Tod durch Sauerstoffmangel (4—6%) und Kohlensäurevermehrung (12—14%) eingetreten war.

In dem letzten Versuche dieser Reihe (an einer Serie von sechs Kaninchen) ist keines der Thiere weder gestorben noch ernstlich erkrankt, obzwar der Versuch 42 Tage dauerte und die in den letzten zwei Käfigen befindliche Luft meistens einen Kohlensäuregehalt von 4—7% und Sauerstoffgehalt von 12—16% zeigte.

Der Sectionsbefund der bei diesen Versuchen gestorbenen Thiere war makro- und mikroskopisch folgender: Eine ausgesprochene venöse Congestion aller inneren Organe. Die Lungen waren in mehreren Fällen so mit venösem Blut gefüllt, dass Stücke derselben im Wasser untersanken. Das rechte Herz war gewöhnlich durch ein grosses, festes, venöses Coagulum ausgefüllt, der linke Ventrikel meistens contrahirt. Die Leber, Niere und Milz bluteten beim Durchschneiden reichlich, das herausfliessende Blut war dunkel und von venösem Charakter. Das ganze Capillarsystem, besonders im Darm und den Membranen des Gehirnes zeigte eine venöse Ueberfüllung.

In einer Versuchsreihe hatten die eingeschalteten Kölbchen mit Schwefelsäure- und Kohlensäure-Absorptionsapparate gar keine Wirkung auf die Versuchsergebnisse, wie Brown-Séquard und d'Arsonval fanden. Pathologische Erscheinungen, wie sie Brown-Séquard und d'Arsonval beschrieben haben, wurden von den Verfassern in keinem Falle beobachtet.

Die Versuche der angeführten Verfasser deuten also nicht darauf hin, dass die von Thieren ausgeathmete Luft ein organisches Gift enthält.

St. **Růžička**[1]) (1899) hat zum Gegenstand seiner Studie die Annahme [illegible], ob vielleicht die ungenügende Dichtung des ganzen Apparates in [illegible]versuchen, worauf schon Rauer aufmerksam gemacht hat, von [illegible] sei auf den Kohlensäuregehalt in den letzten Käfigen und somit [illegible] Befinden der in diesen Käfigen befindlichen Thiere.

Er stellt sich die Sache folgendermaassen vor: Erstens kann der Gasometer nicht genügend gedichtet sein. Ist nämlich die Schraube nicht fest genug zugezogen, welche die Oeffnung schliesst, durch welche beim Füllen des Gasometers der Ueberschuss eingegossenen Wassers abfliesst, so kann auch durch diese Oeffnung in den Apparat Luft eindringen, besonders wenn in der Hauptleitung ein Widerstand sich befindet, wie z. B. eine mehrere Centimeter hohe Wassersäule, welche eventuell zur vollkommenen Unterbrechung des Luftstromes in der Hauptleitung genügend ist; die Luft tritt dann in den Gasometer ausschliesslich durch jene Nebenöffnung. Der Gasometer misst dann auch jene Luftmenge, von welcher der Experimentirende vielleicht nichts weiss und infolge dessen eine grössere Ventilation des Respirationsapparates abliest, als es in der Wirklichkeit ist.

Auf diese Weise — meint **Růžička** ähnlich wie **Rauer** — wäre es möglich, die nicht übereinstimmenden Resultate der Versuche von **Merkel** und **Rauer** zu erklären, von denen der Erstere fand, dass die Thiere in den letzten Käfigen etwa nach 20 Stunden zu Grunde gehen, wenn der Gasometer 10—11 l pro Stunde angibt, während der Andere constatirte, dass unter solchen Verhältnissen die Thiere nicht einmal in acht oder mehreren Tagen sterben.

Zweitens können die Flaschen und die dieselben verbindenden Röhrchen ungenügend gedichtet sein. Auf diese Weise wäre es nach **Růžička** möglich, jene Versuche zu erklären, bei welchen durch Einschaltung von Geissler'schen Röhren und ähnlichen Apparaten mit Schwefelsäure oder Salzsäure zwischen dem letzten und vorletzten Käfig das Thier in dem letzten Käfig am Leben erhalten werden kann, obzwar die Thiere in den vorhergehenden Käfigen zu Grunde gehen.

Sobald nämlich in die Hauptleitung ein Widerstand eingelegt wird, wie z. B. Flüssigkeit, durch welche die Luft streichen muss, so dringt hinter diesem Widerstande (bei ungenügender Dichtung) durch Nebenöffnungen eine erhöhte Luftmenge, während durch die Hauptleitung eine geringere Luftmenge strömt. Dadurch wird also die Ventilation der vor dem Widerstande befindlichen Käfige erniedrigt, in den letzten Käfig dringt dann eventuell eine fast ebenso grosse Luftmenge wie früher, aber der aus der freien Atmosphäre stammende Antheil ist grösser als vor dem Einschalten der betreffenden Flüssigkeit, und das Thier bekommt infolge dessen eine bessere Luft.

Dieser Einwand ist nach **Růžička** nicht einmal in Bezug auf die Versuche von **Brown-Séquard** und **d'Arsonval** ausgeschlossen, bei welchen

---

1) St. **Růžička**, Kritické a pokusné studie o otázce jedovatosti vydechovaného vzduchu. Rozpravy české akademie věd, 1899, II, 9.

zum Isoliren der Käfige von der Aussenluft der augenscheinlich so verlässliche Wasserverschluss verwendet wurde. Denn es soll da sehr leicht möglich sein, dass die Waschflasche mit der Schwefelsäure[1]) — einer zweimal so schweren Flüssigkeit als Wasser — vor dem letzten Käfig eingeschaltet, der in den letzten Käfig eindringenden Luft einen grösseren Widerstand leisten könnte als die gewiss nicht zu hohe Wasserschichte in jener circulären Rinne, in welcher der Käfigdeckel eingetaucht war.

Um sich zu überzeugen, ob diese theoretische Annahme auch in der Wirklichkeit richtig ist, wiederholte Růžička die Reihenversuche und ordnete dieselben so ein, dass nicht nur der Gasometer, sondern auch die Flaschen und die dieselben verbindenden Röhrchen präcis luftdicht verschlossen waren. Das Resultat der Versuche, bei welchen die Ventilationsgrösse höchstens 9,5, mindestens 2,3 l pro Stunde betrug, war das, dass in dem letzten (fünften) Käfig der Kohlensäuregehalt höchstens 13 °/₀₀, mindestens 4,1 °/₀ erreichte; die in den letzten Käfigen befindlichen Thiere wiesen in der Mehrzahl der Versuche keine Krankheitserscheinungen auf, blos in zwei Fällen zeigten sich bei der letzten und ein wenig auch bei der vorletzten Maus Erscheinungen der schwierigen und verlangsamten Athmung und herabgesetzte Reizbarkeit.

In einem Versuche (Nr. 2) wies die letzte Maus bald eine grosse Dyspnoë auf und verlor die Lust zum Fressen; nach 28 Stunden vom Beginn des Versuches (bei Ventilationsgeschwindigkeit von 3—3,4 l pro Stunde und bei 12—13 °/₀ Gehalt an Kohlensäure) wurde zwischen den letzten und vorletzten Käfig ein Gefäss mit 90 ccm 0,43 proc. Salzsäure eingeschaltet, wodurch aber die Erscheinungen nicht besser wurden, denn nach 45½ Stunden legte sich die Maus auf die Seite, athmete tief und langsam und reagirte nicht. Aus seinen Versuchen schliesst Růžička, dass die Luft auch bei der grössten Verunreinigung durch Athmung, vom hygienischen Standpunkt betrachtet, keine acut toxischen Eigenschaften besitzt.

Bei diesem eben geschilderten Stande der ganzen Frage über die Giftigkeit der Ausathmungsluft wurden unsere Versuche unternommen. Den Hauptanlass zu denselben gab der Umstand, auf welchen zuerst Brown-Séquard und d'Arsonval hingewiesen und welchen Merkel bestätigt hat, nämlich dass das Einschalten von concentrirter Schwefelsäure, eventuell auch sehr schwacher Salzsäurelösung (0,1 °/₀ bei Merkel) zwischen den letzten und vorletzten Käfig zur Folge hat, dass das im letzten

1) Brown-Séquard und d'Arsonval haben sich aber der mit concentrirter Schwefelsäure benässten Glasperlen, welche keinen so grossen Widerstand leisten, bedient.

Käfig befindliche Thier, welches sonst zuerst zu Grunde ging, ohne Schädigung am Leben bleibt, was dadurch erklärt wurde, dass jene giftige Substanz wahrscheinlich von basischer Natur, welche in der ausgeathmeten Luft enthalten ist, in Säuren absorbirt, neutralisirt oder zerstört wird und somit schädlich zu sein aufhört. Den Hauptzweck vorliegender Versuche bildete das Bestreben, den chemischen Charakter jener hypothetischen Substanz sicher zu stellen und dieselbe zugleich auch quantitativ zu bestimmen. In diesen Versuchen wurde sorgfältig darauf geachtet, dass Käfige der Versuchsthiere genügend ventilirt wurden. Die Thiere wurden stets auf die Nacht aus den Käfigen herausgenommen und über die Nacht im Stalle gehalten, damit sie sich erholen, um dem Einwande vorzubeugen, dass die Thiere unter gewissen abnormen Bedingungen leben und vielleicht abnorme Stoffe producirten. Wird in einigen Versuchen die Menge der durchgeleiteten Luft sowie die Versuchsdauer nicht angegeben, so muss schon von vorneherein angeführt werden, dass die Luft beim vollgeöffneten Hahne der Wasserstrahl-Luftpumpe durchgeleitet wurde, so dass sämmtliche Gefässe nicht nur genügend, ja sogar auch über Bedarf ventilirt wurden. Der mächtige Luftstrom hat aber den Hauptzweck der Versuche, jene giftige Substanz festzuhalten, nicht im mindesten gestört, da einerseits grosse Drechsel'sche Waschflaschen benützt wurden, sodass keine Gefahr drohte, dass vielleicht grosse Blasen überspritzen könnten, andererseits hat man 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure verwendet, welche wiederum vollständige Absorption jener hypothetischen Substanz garantirten. Dass das Ueberspritzen wirklich nicht zu Stande kam, das beweist auch die Titration der Flasche hinter dem Gasometer und vor dem Käfig, wobei immer fast die ursprünglich dort befindliche Säuremenge gefunden wurde, obzwar der gleiche Luftstrom durch diese Säure strich wie durch die andere Flasche.

Behufs Orientirung, ob wirklich ein Stoff aus der Ausathmungsluft in der Säure zurückgehalten wird, wurde vor Allem ein Vorversuch durchgeführt.

Versuch Nr. I.

In zwei Glasgefässe wurde je ein Meerschweinchen verbracht. Der Hals der beiden Gefässe wurde mit einem doppelt gebohrten Korkstöpsel verstopft; durch eine Oeffnung desselben führte ein knieförmig gebogenes Röhrchen fast bis auf den Gefässboden und diente zum Einströmen der Luft in's Gefäss; durch die andere Oeffnung führte ein kurzes Röhrchen, welches gleich unterhalb des Korkes endete und zum Entweichen der Innenluft diente. Das Zufuhrröhrchen wurde deshalb bis auf den Boden geführt, damit in dem Gefäss, in welchem das Thier athmete, die Luft in genügender Strömung erhalten werde. Beide Abfuhrröhrchen wurden untereinander mittels eines T-förmigen Röhrchens verbunden, dessen dritter Schenkel dann mit einer Drechsel'schen Waschflasche in Verbindung stand; in der letzteren befanden sich 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure. Die Drechsel'sche Waschflasche wurde endlich mit einer Wasserstrahlluftpumpe verbunden, mittelst welcher die Luft bewegt wurde.

Dieser Versuch wurde 6 Tage hindurch fortgesetzt, wobei die Gefässe zwei Mal täglich gewechselt wurden, um dem Einwande vorzubeugen, dass vielleicht Zersetzungsproducte des Harnes und der Fäces Vergiftungserscheinungen hervorrufen könnten. Das Quantum der durchgeleiteten Luft wurde nicht gemessen, kann jedoch beiläufig auf 6000 l geschätzt werden.

Die in die Gefässe eintretende Luft kam aus einer gut ventilirten Institutslokalität, in welcher mit flüchtigen Stoffen (wie z. B. mit Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Salzsäure) nicht gearbeitet wurde.

Nach sechstägiger Versuchsdauer wurde die Schwefelsäure mit $^1/_{10}$ normaler Natronlauge titrirt und auf kleines Volumen eingedampft. Dieser Rückstand wurde subcutan einem gesunden Meerschweinchen injicirt.

Um 2 Uhr 35 Min. Injection von 5 ccm Lösung.

Kurz nach der Injection, in einigen Secunden, zeigten sich bei dem Meerschweinchen zuckende Bewegungen des Kopfes und dann des ganzen Körpers. Da nach 5 Minuten das Thier ruhig wurde, so kann man schliessen dass diese Bewegungen gewiss durch infolge des Injectionsstiches verursachte Schmerzen bedingt waren. Auf den Rücken gelegt, wird das Meerschweinchen von mässigen tonischen Krämpfen, namentlich der hinteren Extremitäten, befallen. Dieser Zustand kann durch jedes Auf-den-Rücken-Legen des Thieres hervorgerufen werden.

2 Uhr 55 Min. wurde das Meerschweinchen von einem heftigen, 7 Minuten lang dauernden Trismus befallen.

3 Uhr 5 Min. streckte das Meerschweinchen, von Krämpfen befallen, alle vier Extremitäten aus und verfiel in einen heftigen Tetanus.

3 Uhr 10 Min. zeigte das Meerschweinchen bedeutende Unruhe, die Krämpfe erstreckten sich auf sämmtliche Muskeln. Auf den Rücken gelegt, verfiel das Meerschweinchen in einen von Opisthotonus und Trismus begleiteten Tetanus.

3 Uhr 14 Min. legte sich das Meerschweinchen auf die Seite, bewegte die vorderen Extremitäten wie beim Scharren, die hinteren Extremitäten waren von Krämpfen langgestreckt.

3 Uhr 15 Min. verfiel das Meerschweinchen in heftigen Tetanus, wodurch der ganze Körper hin- und hergeworfen wurde. Der Krampf ergriff auch das Zwerchfell und erschwerte das Athmen.

3 Uhr 16 Min. wurden scharrende Bewegungen aller vier Extremitäten beobachtet.

3 Uhr 17 Min. ergriff das Meerschweinchen ein heftiger Tetanus mit Trismus und Opisthotonus, welcher das Meerschweinchen in einigen Secunden getödtet hat.

Der Sectionsbefund war mit Ausnahme von kleinen Blutergüssen an der Pleura und Hyperämie der inneren Organe negativ.

Der Rest der Flüssigkeit (ca. 1 ccm) wurde um 4. Uhr 5 Min. einer weissen Maus unter die Haut injicirt. Nach 20 Minuten trat Somnolenz ein, die Maus verfiel in Schlaf, nur sehr schwach auf Reizung reagirend. Nach kurzer Zeit wurde aber die Maus wieder munter und am 2. Tage war sie vollkommen erholt.

Aus diesem Versuch ist zu ersehen, dass die durch Meerschweinchenkäfige geleitete Luft ihre giftige Substanz an die Säure abführt, welche dadurch giftige Eigenschaften bekommt.

Dass die Erscheinungen, welche beim Meerschweinchen durch Injection von neutralisirter Schwefelsäure, durch welche die Luft aus den Käfigen strich, nicht blos durch neutralisirte Säure, d. h. schwefelsaures Natron hervorgerufen wurde, erhellt aus weiteren Versuchen, bei welchen zur Controle mehrere Male einem Meerschweinchen erfolglos 100 ccm $^1/_{10}$ normaler mit Natronlauge neutralisirter Schwefelsäure subcutan injicirt wurden (siehe z. B. Versuch Nr. III, V).

Da, wie aus der angeführten Literatur ersichtlich, von einigen Forschern (Brown-Séquard und d'Arsonval, Merkel, Wurtz) organische alkaloïdähnliche Basen in der Ausathmungsluft angenommen wurden, wurde zur Isolirung dieser Substanzen der folgende Versuch durchgeführt.

Versuch Nr. II.

Die Versuchsanordnung war die nämliche wie in dem Versuche Nr. I. In zwei Flaschen wurden je zwei Meerschweinchen verbracht. Durch diese zwei Flaschen wurde die Luft 3 Tage gesogen und durch 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure geführt. Die Flaschen wurden zweimal täglich gewechselt.

Nach Schluss des Versuches wurde die Schwefelsäure titrirt und dazu 82,2 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge verbraucht. Es wurden also 17,8 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure in diesem Versuche durch eine unbekannte Substanz von basischer Natur gesättigt.

In dieser Flüssigkeit wurden hypothetische, organische Basen gesucht. Zu diesem Zwecke wurde die Flüssigkeit mit Natronlauge alkalisch gemacht, einige Male mit Aether geschüttelt, nach Abdampfen des Aethers blieb ein geringer Rückstand zurück.

Dieser Rückstand wurde im Wasser gelöst und einem Meerschweinchen subcutan injicirt. An dem Meerschweinchen waren keine Erscheinungen bemerkbar.

Die wässerige, vom Aether geschiedene Flüssigkeit wurde stark alkalisch gemacht und destillirt. Im Destillat liess sich durch bekannte Proben Ammoniak nachweisen. Die ersten 5 ccm Destillat wurden einem, die weiteren 8 ccm einem anderen Meerschweinchen injicirt. An den Thieren wurde bloss ein sehr schwaches Zittern, sonst keine andere Erscheinung beobachtet.

Aus diesem Versuche erhellt, dass in dem Aether aus der alkalischen Lösung jene giftige Substanz nicht übergeht, während das Destillat mässig giftige Wirkung hat.

Das Resultat dieses Versuches führte gleich zur Meinung, ob vielleicht nicht Ammoniak jene giftige Substanz ist, welche die Giftigkeit der ausgeathmeten Luft bedingt, trotzdem eine ganze Reihe von Forschern dem in der ausgeathmeten Luft nachgewiesenen Ammoniak keine giftige Eigenschaft zuschreibt und trotzdem der oben erwähnte Controlversuch von Brown-Séquard und d'Arsonval mit den Ausdünstungen der thierischen Exkremente, in welchen Ammoniak vorkommen könnte, negativ ausgefallen ist.

Auf Basis dieser Annahme wurden dann weitere Versuche auch entsprechend eingerichtet.

Versuch Nr. III.

Die durch eine Flasche mit vier Meerschweinchen durchströmende Luft strich durch zwei hintereinander gereihte Drechsel'sche Waschflaschen; sonst war die Versuchsanordnung dieselbe wie in den vorigen zwei Versuchen. In der ersten Waschflasche befanden sich 50 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure, in der zweiten 50 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge, und zwar zu dem Zwecke, um zu erfahren, ob in der Ausathmungsluft sich nicht Stoffe befinden, welche auch durch Lauge absorbirt werden könnten.

Die Luft wurde 4 Tage hindurchgesogen, zwecks grösserer Reinlichkeit wurden die Flaschen für Thiere zwei Mal täglich gewechselt. Nach Schluss des Versuches wurden beide Lösungen titrirt. Das Resultat des Titrirens war folgendes:

a) 50 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure verbrauchten 41 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge. Die neutralisirte Schwefelsäurelösung wurde bis zur Trockne eingedampft, im Wasser gelöst und die Lösung um 9 Uhr 45 Min. einem Meerschweinchen subcutan injicirt.

9 Uhr 50 Min. war das Meerschweinchen unruhig, zeigte zuckende Bewegungen der hinteren Extremität, unweit welcher die Injection vorgenommen worden ist. Es zeigten sich Würgbewegungen. Dieser Zustand dauert weiter, die Würgbewegungen werden zahlreicher.

10 Uhr 20 Min. war das Meerschweinchen sehr matt, neben den Würgbewegungen erschien auch Salivation. Das vorgelegte Futter wurde vom Meerschweinchen ignorirt.

10 Uhr 35 Min. sass das Meerschweinchen gekrümmt und zitterte am ganzen Körper.

10 Uhr 50 Min. hörte das Zittern auf, das Meerschweinchen hat sich erholt und blieb am Leben [1].

b) 50 ccm $^1/_{10}$ normaler Lauge wurden im Laufe des Versuches fast gänzlich mit Kohlensäure gesättigt. Das kohlensaure Natron wurde mit Schwefelsäure neutralisirt, eingedampft und der Rückstand, welcher also schwefelsaures Natron enthielt, um 9 Uhr 55 Min. einem Meerschweinchen subcutan injicirt.

10 Uhr 20 Min. liess das Meerschweinchen sehr reichlichen Harn abfliessen.

---

1) Zur Uebersicht muss hier bemerkt werden, dass in diesem Falle die Menge der giftigen Substanz nur 9 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure äquivalent war, und dass diese Menge zum Hervorrufen der typischen Vergiftung nicht hinreicht. Die hier aufgetretenen Erscheinungen sind, wie später nachgewiesen wird, Erscheinungen einer mässigen Vergiftung mit Ammonsalzen (schwefelsaurem Ammonium).

10 Uhr 30 Min. Das Meerschweinchen frisst mit Lust das ihm vorgelegte Gemüse.

10 Uhr 50 Min. weist das Meerschweinchen keine besonderen Erscheinungen. Am zweiten Tage war es noch am Leben und munter.

Es wurden also nach Injection von mit Schwefelsäure neutralisirter Natronlauge keine Erscheinungen beobachtet, während die mit Natronlauge neutralisirte Schwefelsäure Vergiftungserscheinungen hervorrief.

Aus diesem Versuche ist also zu ersehen, dass die giftigen Substanzen der Ausathmungsluft in der Säure, nicht aber in der Lauge zurückgehalten werden.

Versuch Nr. IV.

Die durch zwei Flaschen mit zwei Meerschweinchen durchströmende Luft wird durch 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure geleitet. Die Versuchsanordnung war dieselbe wie in den vorigen Versuchen; die Flaschen wurden zweimal täglich gewechselt. Der Versuch dauerte 10 Tage, jedoch wegen verschiedener zufälliger Hindernisse, namentlich deshalb, weil die Wasserleitung den Dienst versagte, ist es unmöglich, die Versuchsdauer näher zu bestimmen.

Nach Schluss des Versuches wurden 100 ccm Schwefelsäure, durch welche die ausgeathmete Luft durchgeleitet wurde, titrirt und dazu 69 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge verbraucht. Die neutralisirte Schwefelsäure wurde eingedampft und um 2 Uhr 37 Min. einem Meerschweinchen subcutan injicirt.

3 Uhr zeigten sich würgende und schluchzende Bewegungen.

3 Uhr 15 Min. erschien ein mässiger Krampf der vorderen sowie hinteren Extremitäten. Auf den Rücken gelegt, war das Meerschweinchen nicht im Stande, sich selbst umzukehren und auf die Beine zu stellen.

3 Uhr 25 Min. war der Krampf etwas bedeutender. Auf den Rücken gelegt, verbleibt das Thier in dieser Position machtlos und apathisch.

3 Uhr 30 Min. Das auf den Rücken gelegte Meerschweinchen bewegte ungeschickt die Extremitäten.

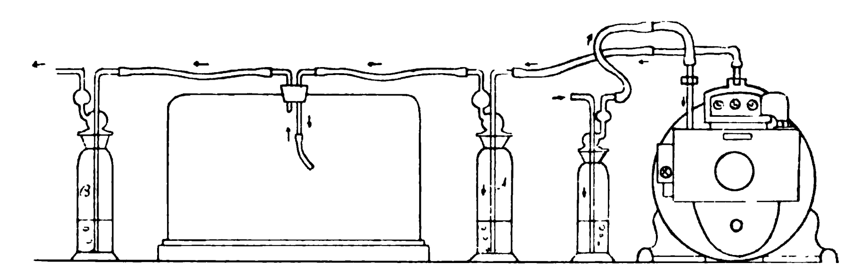
4 Uhr schien das Meerschweinchen munterer.

Das Meerschweinchen wurde nicht weiter beobachtet, ging aber während der Nacht im Stall zu Grunde.

In dem Reste der zur Injection verwendeten Flüssigkeit wurde Ammoniak nachgewiesen.

Versuch Nr. V.

Acht Meerschweinchen wurden unter eine grosse Glasglocke (siehe die Abbildung) gebracht, welche in der mit Quecksilber gefüllten Rinne einer Holzunterlage ruhte. Die in die Glocke eintretende Luft wurde mit Gasometer gemessen, ging durch eine Drechsel'sche Waschflasche (*A*) mit 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure zu dem Zwecke, dass kein Einwand erhoben werden könnte, dass das in der Flasche, durch welche die Luft passirte, zurückgehaltene Ammoniak aus der Atmosphäre, welche ja auch Spuren von Ammoniak enthalten kann, stammte. Aus der Drechsel'schen Waschflasche ging die Luft in den Käfig (Glocke) über und wurde wieder mittelst Wasser-



strahlluftpumpe in eine andere, mit 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure gefüllte Drechsel'sche Waschflasche (*B*) geführt. Die Meerschweinchen wurden zwei Mal täglich aus dem Käfig herausgenommen. Im Laufe von 8 Tagen wurden 8000 l Luft durchgesogen.

Die zum Füllen der Drechsel'schen Flaschen verwendete Schwefelsäure wurde vor dem Beginne des Versuches titrirt, und man verbrauchte auf 50 ccm 49,8 ccm Lauge.

Nach vollendetem Versuche wurde die Schwefelsäure beider Waschflaschen titrirt. Die Flasche *A* verbrauchte zur Neutralisation 99,2 ccm, Flasche *B* 42 ccm Lauge. Beide Flüssigkeiten wurden auf geringen Rückstand eingedampft und derselbe Meerschweinchen subcutan injicirt.

a) Die Flüssigkeit aus der Flasche *B* wurde um 10 Uhr 55 Min. injicirt; das Meerschweinchen jammerte.

11 Uhr fängt das Meerschweinchen an zu zittern.

11 Uhr 3 Min. erschienen Würgbewegungen.

11 Uhr 5 Min. zeigten sich zuckende Bewegungen der Extremitäten, später ein mässiger Krampf der hinteren Extremitäten. Das Thier lag auf dem Bauch, die Extremitäten versagten, fortwährend durch Krämpfe gestreckt, den Dienst. Die Athmung war bedeutend beschleunigt.

11 Uhr 8 Min. wurde das Meerschweinchen von Tetanus befallen und starb.

Der Sectionsbefund, ausser einer Hyperämie der inneren Organe, war negativ.

Im Reste der zur Injection benutzten Flüssigkeit wurde Ammoniak nachgewiesen.

b) Um dem Einwand vorzubeugen, dass vielleicht die Menge des bei Neutralisation der Schwefelsäure sich bildenden schwefelsauren Natrons die Vergiftung hervorruft, wurde die Controlinjection der mit Natronlauge neutralisirten Flüssigkeit aus der Flasche *A* gemacht. Bei dem Meerschweinchen, welchem die Flüssigkeit injicirt wurde, wurden ausser Jammern infolge der Schmerzen nach Injection keine Erscheinungen beobachtet.

Auf Grund der bisher mitgetheilten Versuche kann man schliessen, dass in der durch Käfige geleiteten Luft eine flüchtige Substanz von giftiger Natur enthalten ist. Da in der neutralisirten Flüssigkeit Ammoniak nachgewiesen wurde, so kann man weiter natürlich schliessen, dass die giftige Base vielleicht Ammoniak ist.

Zum Zwecke der Sicherstellung, dass es sich neben Ammoniak um keine andere Base handeln kann, wurde der folgende Versuch ausgeführt.

Versuch Nr. VI.

Unter der Glocke athmeten sechs Meerschweinchen, und es wurden 1704 l Luft durchgesogen. Vor dem Versuche verbrauchten 50 ccm der zur Füllung der Flasche *A* und *B* angewendeten $^1/_{10}$ Schwefelsäure 49,1 ccm $^1/_{10}$ Kalilauge zur Neutralisation. Nach dem Versuche verbrauchte die Flasche *A*, durch welche die in die Glocke eintretende Luft strich, 49,1 ccm, die Flasche *B*, durch welche die die Glocke verlassende Luft strömte, 39,5 ccm $^1/_{10}$ Kalilauge zur Neutralisation.

Der Inhalt der Flasche *B* ist dann in einen Kolben übergeführt worden, mit Kalilauge stark alkalisch gemacht, destillirt, das entweichende Ammoniak in 50 ccm $^1/_{10}$ Schwefelsäure (von oben erwähntem Titer) aufgefangen und durch Titration bestimmt: es wurden wiederum 39,5 ccm $^1/_{10}$ Kalilauge zur Neutralisation verbraucht.

Aus diesem Versuche ist also evident, dass es sich ausser Ammoniak um keine andere Base handeln kann, denn dieselbe hätte da keinen Platz mehr.

Ist also Ammoniak, resp. seine Salze, das giftige Agens, dann muss man erwarten, dass, wenn man eine Menge von Ammoniumsalzen, welche jener Menge der $^1/_{10}$ normaler Schwefel-

säure, welche durch die durchgeleitete Luft neutralisirt wird, äquivalent ist, man ähnliche Erscheinungen hervorrufen muss. Zu diesem Zwecke wurde die Menge von verschiedenen Ammoniumsalzen ausgerechnet, welche den 30 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure entspricht, welche nach dem Resultate des Versuches Nr. IV giftig wirkten. Mit diesen Salzen wurden dann folgende vier Controlversuche ausgeführt.

Versuch Nr. VII.

Um 3 Uhr subcutane Injection, einem Meerschweinchen von äquivalenter Menge Ammoniumchlorid, entsprechend 30 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure, d. i. 160 mg Ammoniumchlorid.

3 Uhr 7 Min. erschien das Meerschweinchen bedeutend unruhig.

3 Uhr 13 Min. Die Unruhe steigerte sich bedeutend, bei zufälliger Berührung fiel das Thier in einen Tetanus und starb um 3 Uhr 20 Min.

Versuch Nr. VIII.

Einem kleinen Meerschweinchen wurde subcutan um 3 Uhr eine äquivalente Menge Ammoniumnitrat injicirt, welche 30 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure entspricht, d. i. 240 mg.

3 Uhr 7 Min. zeigte das Meerschweinchen ein mässiges Zittern. In die Hand genommen, verfiel dasselbe in Tetanus und ging zu Grunde.

Versuch Nr. IX.

Subcutane Injection derselben Menge von Ammoniumnitrat einem grösseren Meerschweinchen um 3 Uhr 12 Min.

Nach Injection wurde das Thier unruhig, nach einer Weile wurde es wieder ruhig.

3 Uhr 25 Min. erschienen Würgbewegungen und erschwerte Athmung.

3 Uhr 30 Min. zeigte sich ein mässiger Krampf der hinteren Extremitäten, bei Berührung verfiel das Meerschweinchen in Tetanus und starb.

Versuch Nr. X.

Um 3 Uhr 5 Min. subcutane Injection einem Meerschweinchen von äquivalenter Menge von Ammoniumsulfat, entsprechend 30 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure, d. i. 198 mg.

3 Uhr 9 Min. war das Meerschweinchen sehr unruhig.

3 Uhr 15 Min. zeigten sich Würgbewegungen, beim Aufheben verfiel das Meerschweinchen in Tetanus, in welchem es verendete.

Versuch Nr. XI.

Um 3 Uhr 5 Min. subcutane Injection einem Meerschweinchen von äquivalenter Menge Ammoniumcarbonat, entsprechend 30 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure, d. i. 171 mg.

3 Uhr 9 Min. wurde das Thier unruhig.

3 Uhr 17 Min. trat ein mässiger Krampf der hinteren Extremitäten ein, das Thier legte sich auf die Seite, verfiel in Tetanus und starb.

Aus diesen Versuchen (Nr. VII bis XI) geht hervor, dass Ammoniumsalze in jener Menge, in welcher sie aus der durch Flaschen durchgesogenen Luft erhalten wurden, giftig wirken. Hierorts muss man darauf aufmerksam machen, sollen die Krankheitserscheinungen hervorgerufen werden, dass die Luft genügend lange durchgesogen werden muss, damit sich Ammoniak in genügender Menge anhäufen könnte, denn, wenn man kleinere Mengen von Ammoniumsalzen einspritzt, überstehen die Thiere leicht die Injection, so dass man Krämpfe überhaupt nicht beobachten kann. Dadurch können vielleicht auch verschiedene Resultate erklärt werden, zu welchen einzelne Forscher gekommen sind. Dass die Einen die Ausathmungsluft für giftig, die Andern dagegen für nicht giftig erklärten, kann ganz gut davon abhängig sein, dass die Einen mit ungenügender Luftmenge oder mit grösseren Versuchsthieren arbeiteten, während die anderen sich kleinerer Thiere bedienten und positive Ergebnisse erzielten.

Es ist aber fraglich, ob das in den Versuchen nachgewiesene Ammoniak wirklich aus der Ausathmungsluft herrührt, denn es ist eine festgestellte Thatsache, dass in der Ausathmungsluft kein Zuwachs an Stickstoff vorkommt, was natürlich entschieden gegen Ammoniak spricht, und ob der zweimalige Flaschenwechsel täglich genügende Reinlichkeit sichert.

Denn man muss in Erwägung ziehen, dass Pflanzenfresser, also Meerschweinchen und Kaninchen, welche zum grössten Theile der Versuche verwendet wurden, einen alkalisch reagirenden Harn secerniren, aus welchem das Ammoniak sofort entweichen kann, ferner, dass auch bei strengster Reinlichkeit auch dann, wenn die Flaschen sterilisirt werden, der Harn der Thiere von ihnen selbst inficirt wird und bei mässig hoher Temperatur in den Flaschen oder Käfigen rasch der ammonikalen Gärung unterliegt. Weiter muss man erwähnen, dass auch Fäkalien der Versuchsthiere Ammoniak produciren können. Und noch einen anderen Einwand kann man gegen diese Versuche, sowie gegen die der Anderen erheben und zwar den, dass die gewöhnliche in die Flasche eintretende Luft selbst geringe Spuren von

Ammoniak enthalten kann, welche dann in der Schwefelsäure zurückgehalten werden können.

Mit Rücksicht auf diese Möglichkeiten war man bestrebt, folgende Versuche so anzuordnen, dass diese Mängel beseitigt werden.

Versuch Nr. XII.

Zwei Meerschweinchen wurden in einer luftdicht verschlossenen und an der geschliffenen Platte mit Talg bestrichenen Vacuumglocke untergebracht. Die obere Glockenmündung wurde mit doppelt gebohrtem Stöpsel verschlossen, durch welchen einerseits ein längeres Röhrchen bis auf den Boden, andererseits ein kürzeres, dicht unterhalb des Stöpsels endendes Röhrchen geführt wurde. Die in die Glocke kommende Luft wurde in einer Drechsel'schen Waschflasche mit 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure gewaschen. Die aus der Glocke wegströmende Luft strich ebenfalls durch eine mit 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure gefüllte Drechsel'sche Waschflasche. In der Glocke selbst befand sich ein kleines Gefäss mit concentrirter Schwefelsäure, darüber wurde ein Drahtnetz gelegt, auf welchem sich Watte befand, welche früher in concentrirter Oxalsäurelösung getränkt und dann getrocknet wurde. Der Zweck dieser Anordnung war der, dass sich der Harn sofort in die Watte einsauge und nicht der ammoniakalen Gärung unterliegen könne. Die Luft wurde 8 Tage hindurch gesogen (etwa 8000 l). Die Meerschweinchen wurden zwei Mal täglich aus der Glocke herausgenommen, nach zweistündiger Pause wieder in die Glocke auf frisch zubereitete Watte gebracht.

Nach 8 Tagen wurde das Titriren durchgeführt. Die Flasche, durch welche die Luft in die Glocke eintrat, verbrauchte zur Neutralisation 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge. Die Flasche, durch welche die aus der Glocke weggehende Luft passirte, verbrauchte zur Neutralisation 87 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge.

Man findet also auch in diesem Versuche, dass, trotzdem man bemüht war, das Ammoniak durch Verhütung der Harnzersetzung zu beseitigen, doch noch Schwefelsäure theilweise (13 ccm) bei diesem Versuche durch Ammoniak neutralisirt worden ist. Aus dem Harn konnte Ammoniak nicht entweichen, da es sofort durch Oxalsäure in der Watte gebunden wurde. Die einzige Ammoniakquelle konnten noch Fäces sein, welche, wenn sie nicht genügend feucht waren, durch Oxalsäure nicht durchgetränkt zu sein brauchten.

Ein Versuch über die Giftigkeit der neutralisirten Schwefelsäure wurde deshalb nicht durchgeführt, weil aus vorhergehenden Versuchen die Erfahrung gemacht wurde, dass jene Menge der giftigen Substanz (Ammoniak), welche 13 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure entspricht, zur Vergiftung des Meerschweinchens nicht hinreichend ist. Zugleich geht aus diesem Versuche hervor, dass das Beseitigen der Excremente, sowie das Auffangen des Harnes in die mit Oxalsäure getränkte Watte die Ammoniakproduction herabsetzt. Aus diesem Grund trachtete man in den weiteren Versuchen noch mehr, vollkommen den Harn und die Excremente zu beseitigen, damit sie nicht zur Ammoniakquelle würden.

Versuch Nr. XIII.

Dieser Versuch war Wiederholung des vorhergehenden Versuches mit derselben Anordnung, jedoch mit dem Unterschiede, dass die in die Glocke eintretende Luft durch concentrirte Schwefelsäure zu dem Zwecke gewaschen wurde, dass eventuell das atmosphärische Ammoniak schon in derselben absorbirt werde und den Titer der $^1/_{10}$ normalen Schwefelsäure nicht beeinflusse. Hinter dieser Flasche wurde erst die Flasche mit 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure zur Controle der einströmenden Luft eingestellt. Im Innern der Glocke herrschte die grösste Reinlichkeit; sobald Fäces bemerkt worden sind, wurde sofort die Watte beseitigt und neu ersetzt. Die Luft wurde 15 Tage hindurch, 8 Stunden täglich, (etwa 15,000 l) geleitet.

Die Flasche mit 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure, durch welche die aus der Glocke entweichende Luft strich, verbrauchte zur Neutralisation 94,5 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge.

Der Versuch mit Injection der eingedampften Flüssigkeit wurde aus dem schon im vorigen Versuche angeführten Grunde nicht unternommen, weil nämlich keine Vergiftungserscheinungen durch die Menge erreicht werden konnten.

Aus diesem Versuche geht hervor, dass bei so erhöhter Reinlichkeit die Ammoniakmenge sehr beträchtlich herabgesetzt wurde, so dass wahrscheinlich ist, dass, wenn man den Versuch mit absoluter Reinlichkeit anordnet, das Ammoniak überhaupt nicht zum Vorschein kommt.

Versuch Nr. XIV.

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie im vorigen Versuche; die durchströmende Luft wurde mittelst Gasometers gemessen. Durch die Glocke, in welcher sich drei Meerschweinchen befanden, wurden während 13 Tagen 5674 l Luft durchgeleitet. Die aus dem Gasometer austretende Luft wurde

durch 50 ccm $^1/_{10}$ normaler, in Drechsel'scher Waschflasche befindlicher Schwefelsäure gewaschen. Die die Glocke verlassende Luft wurde durch 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure geleitet. Die Einrichtung im Innern der Glocke war dieselbe wie in den vorigen Versuchen.

Die vor der Glocke eingestellte Flasche verbrauchte beim Titriren 49,9 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge. Die hinter der Glocke placirte Flasche verbrauchte zur Neutralisation 91 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge.

Es ist also ersichtlich, dass 9 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure durch eine aus der Glockenluft stammende Base, welche als Ammoniak erkannt wurde, neutralisirt wurden.

In allen drei letzten Versuchen war die Möglichkeit gegeben, dass das Ammoniak in den Fäces seine Quelle haben konnte. Dabei ist evident, dass nicht einmal durch einen so eingerichteten Versuch das Ammoniak vollständig ausgeschlossen worden ist.

Um auch diesen Einwand und Fehler des Versuches zu beseitigen, wurde der folgende Versuch durchgeführt.

Versuch Nr. XV.

Neun Meerschweinchen wurden in drei Serien getheilt. Die erste Serie litt 3 Tage Hunger und wurde dann in die Glocke verbracht. Abends nach dem Versuche wurden diese Meerschweinchen gefüttert und wiederum weitere 2 Tage hungrig gelassen. Am zweiten Tage kam die zweite Meerschweinchenserie an die Reihe, welche ebenfalls 3 Tage vorher hungerten; Abends wurden dieselben wieder gefüttert. Am dritten Tage kam die dritte Serie, am vierten wiederum die erste Serie an die Reihe u. s. w. Dadurch war man bestrebt, jenem unangenehmen Umstande vorzubeugen, welchen bei Versuchen die Darmentleerung der Thiere verursacht. Durchgeführt wurden 3600 l.

Jedoch nicht einmal diese Vorrichtung hat sich als genügend erwiesen, denn die Darmentleerungen wurden dadurch nicht verhindert; das Resultat des Titrirens war natürlich um etwas günstiger als im vorigen Versuche.

Da es sich also bei Meerschweinchen gezeigt hat, dass es unmöglich ist den Versuch so anzuordnen, dass die Ammoniakentwickelung vollkommen sistirt werde, musste man sich zu anderen Versuchsthieren wenden. Am geeignetsten in dieser Richtung hat sich der Hund erwiesen.

Der Versuch war folgendermaassen eingerichtet. Der Hund wurde in einem aus gegossenem Glas verfertigten, unten geöffneten, 45 cm langen, 30 cm breiten, 30 cm hohen Kasten

eingeschlossen (siehe die Figur S. 36). In der oberen Seite des Kastens wurde eine Oeffnung gebohrt, welche durch einen doppelt gebohrten Kautschukstopfen verschlossen war. Die untere geöffnete Seite des Kastens wurde in eine Rinne einer Holzunterlage getaucht, welche dann mit Quecksilber zu dem Zwecke gefüllt wurde, dass vielleicht in den Kasten durch kleine Oeffnungen nicht Luft eindringe, welche die Schwefelsäure nicht passirt hätte. Das eine Röhrchen in dem Kautschukstopfen diente zum Eintritt der Luft, das andere zum Austritt derselben. Die eintretende Luft wurde mittelst Gasometers gemessen, strich dann durch die Drechsel'sche Waschflasche mit 100 ccm $^1/_{10}$normaler Schwefelsäure, ging weiter durch die concentrirte Schwefelsäure, damit sie trocken werde und in den Käfig mit Feuchtigkeit gesättigt nicht eintrete und damit dem Hunde zugleich Transspiration ermöglicht werde, um dem Einwand vorzubeugen, dass der Hund durch Hitzschlag (Beu) verenden könnte. Der Hund, welcher in den Käfig verbracht wurde, wurde vor dem Versuche gebadet, mit Seife gründlich abgewaschen und mit alkoholischer Salicylsäurelösung bestrichen, unter ihn die mit Salicylsäure imprägnirte Watte gelegt, damit, wenn der Hund eventuell uriniren sollte, der Harn in ammoniakalische Zersetzung nicht geriethe. Diese Vorrichtung war, da es sich um einen gut dressirten Hund handelte, nicht einmal nothwendig.

Die aus dem Käfige austretende Luft wurde durch eine Drechsel'sche Waschflasche mit 100 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure geleitet. Der Versuch wurde jede vierte Stunde unterbrochen, damit dem Hunde Gelegenheit zum Fressen, Erholen, Uriniren und Stuhlentleeren gegeben werde.

Mehrere so eingerichtete Versuche konnten wegen verschiedenen Kalamitäten nicht zu Ende gebracht werden.

Der Versuch (Nr. XVI), welcher endlich gelungen ist, hat folgendes Resultat gehabt.

Durchgeleitet wurden 4821 l Luft. Der Titer der Natronlauge, mittelst welcher die Schwefelsäure titrirt wurde, war 1 ccm $^1/_{10}$ normaler Schwefelsäure = 0,98 ccm Natronlauge.

Die zum Waschen der in den Käfig eintretenden Luft dienende Flasche verbrauchte zur Neutralisation 98,4 ccm Natronlauge. Die Flasche, in der die aus dem Käfige entweichende Luft gewaschen wurde, verbrauchte 98 ccm Natronlauge.

Es wurde also in diesem ganz präcis durchgeführten Versuche die Schwefelsäure durch keine Base neutralisirt.

Der Inhalt beider Flaschen wurde nach Neutralisation mit Natronlauge auf kleinen Rückstand eingedampft und einem Meerschweinchen subcutan injicirt.

Die Injection der Flüssigkeit, in welcher die in den Käfig eintretende Luft gewaschen wurde, fand um 9 Uhr 20 Min. statt. Es wurden keine Erscheinungen beobachtet.

Die Flüssigkeit, in welcher die aus dem Käfig entweichende Luft gewaschen wurde, wurde um 11 Uhr 5 Min. injicirt. Ebenfalls hier wurden keine Erscheinungen beobachtet.

Die Meerschweinchen blieben auch weiter gesund.

Erst in diesem Versuche gelang es, das Ammoniak vollkommen zu beseitigen.

Versuch Nr. XVII.

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie im vorigen Versuche. In dem Kasten befand sich ein 5500 g wiegender Hund. Durchgeleitet wurden 2605 l Luft. Die zum Füllen der Drechsel'schen Waschflaschen verwendete Schwefelsäure hatte Titer. 50 ccm Säure entsprechen 49,7 ccm Lauge.

Nach vollendetem Versuche verbrauchte die Schwefelsäure der Drechsel-schen Flasche, in welcher die in den Käfig einströmende Luft gewaschen wurde, 99,4 ccm Lauge zur Neutralisation; die Schwefelsäure der Waschflasche, durch welche die Luft aus dem Käfige strich, verbrauchte 99,5 ccm Lauge zur Neutralisation. Beide Flüssigkeiten wurden sodann eingedampft und der Abdampfrückstand den Meerschweinchen subcutan injicirt.

Die Injection des Abdampfrückstandes aus der ersten Flasche (die eintretende Luft) wurde um 11 Uhr 25 Min. ausgeführt. Das Meerschweinchen jammerte anfangs, indem es sonst weiter keine Erscheinungen zeigte, und blieb auch an den nächstfolgenden Tagen gesund und munter am Leben.

Die Flüssigkeit der zweiten Flasche wurde einem anderen Meerschweinchen um 3 Uhr 45 Min. subcutan injicirt. Ausser dem anfänglichen Jammern zeigten sich keine Erscheinungen. Das Thier blieb auch an den folgenden Tagen gesund am Leben.

Auf Grund der letzten Versuche (Nr. XVI, XVII) kann man schliessen, dass in der Ausathmungsluft keine Giftstoffe

von basischer Natur, welche in Säuren absorbirt werden könnten, enthalten sind. Zu diesem Resultate kommt man aber nur dann, wenn der Versuch mit strengster Reinlichkeit durchgeführt wird. Diese Versuche wurden, wie bemerkt, jede vierte Stunde unterbrochen, damit der Hund einerseits Gelegenheit zum Fressen und Erholen, andererseits zum Harn- und Stuhlentleeren hätte. Die positiven Ergebnisse, welche in den Anfangsversuchen gewonnen worden sind, lassen sich auf Ammoniak zurückführen, welches in Excrementen der Versuchsthiere seine Quelle hat. Dass ausschliesslich Ammoniak und nicht das schwefelsaure Natron, welches sich bei Neutralisation der Schwefelsäure mit Natronlauge bildet, die Ursache der Vergiftung war, erhellt aus jenen Controlversuchen, in welchen den Thieren die Flüssigkeit der Drechsel'schen Waschflasche, in welcher die aus dem Gasometer kommende Luft gewaschen wurde, injicirt wurde. Diese Flüssigkeit enthielt nach Neutralisation mit Natronlauge ausschliesslich das schwefelsaure Natron und rief keine Erscheinungen hervor. Man muss also auch die Erscheinungen, welche nach Injection der Flüssigkeit aus der zweiten Flasche (die austretende Luft) eintreten, als Erscheinungen betrachten, welche durch schwefelsaures Ammonium und nicht durch schwefelsaures Natron, welches sich neben dem schwefelsauren Ammonium bei Neutralisation mit Natronlauge gebildet hat, hervorgerufen wurden.

In den früher angeführten Versuchen wurden nach Injection sehr heftige Erscheinungen der Vergiftung mit Ammoniumsalzen beobachtet. In den Versuchen der früheren Forscher findet man aber nirgends, dass nach Injection von Condensflüssigkeit oder nach Injection der Absorptionsflüssigkeiten so heftige Erscheinungen wie in den hier angeführten Versuchen zur Beobachtung gekommen wären. Erwägt man aber, dass die Menge der durch Käfige durchstreichenden Luft verhältnismässig klein war, und dass verhältnismässig wenig Ammoniak (bei Lehmann und Jessen 10 mg pro Liter) gefunden wurde, so muss man zur Vermuthung kommen, dass die in früheren Versuchen beschriebenen Erscheinungen durch kleine Dosen von Ammoniumsalzen bedingt waren. Diese Erscheinungen traten

am intensivsten bei Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval vor, in welchen anfangs Beschleunigung, später Verlangsamung der Athmung, Beschleunigung der Herzthätigkeit, Lähmung der Extremitäten, Koliken und Diarrhöen beobachtet wurden. Andere Autoren, speciell Merkel, beschreibt hauptsächlich eine kurz dauernde Somnolenz bei Mäusen. Sind also die Ammoniumsalze jenes Gift, welches in den Versuchen der früheren Forscher die oben erwähnten Erscheinungen verursachte, so muss die Injection von kleinen Dosen ähnliche Symptome hervorrufen. In den hier angeführten Versuchen wurde eine gewisse Somnolenz nur im Versuche I bei Mäusen beobachtet, und da dieser Versuch durchaus nicht genügen würde, um auf Grund desselben die Somnolenz bei Mäusen für eine typische Erscheinung der Vergiftung mit Ammoniumsalzen zu halten, so wurde der folgende Versuch unternommen.

Den weissen Mäusen wurden successive kleine Dosen Ammoniumchlorids injicirt; die eingetretenen Erscheinungen sind in der folgenden Tabelle übersichtlich geordnet.

Versuch Nr. XVIII.

Maus Nr. I	Maus Nr. II	Maus Nr. III
	15. IX. um 8 Uhr 40 Min. Injection von	
8 mg	12 mg 8 Uhr 45 Min. Beschleunigung der Athmung.	16 mg
8 Uhr 50 Min. Die Maus schläft.	8 Uhr 50 Min. Die Maus schläft, zeitweise Zuckung des ganzen Körpers, welche jedoch das Thier nicht aufweckt, die Athmung wurde langsamer.	Dasselbe wie bei der Maus Nr. II.
9 Uhr. Die Maus schläft fort.	9 Uhr. Die Maus versucht zu kriechen, verfällt jedoch wieder in den Schlaf, die Athmung wird langsamer.	

9 Uhr 15 Min. Die Mäuse beginnen wieder munter zu sein. Am anderen Tage sind alle Mäuse gesund.

Fortsetzung zu Versuch Nr. XVIII.

Maus Nr. I	Maus Nr. II	Maus Nr. III
16. IX. um 10 Uhr 35 Min. Injection von		
12 mg	24 mg	36 mg
—	—	10 Uhr 45 Min. Zeitweise plötzliche Zuckung des ganzen Körpers, bedeutende Unruhe, Beschleunigung d. Athmung, sehr schwieriges Hin- und Herkriechen.
10 Uhr 50 Min. Beschleunigung der Athmung.	10 Uhr 50 Min. Beschleunigung der Athmung.	10 Uhr 50 Min. Verlangsamung der Athmung, kleine Krampfanfälle, eine gewisse Lähmung der hinteren Extremitäten, die Maus kann nicht kriechen, athmet sehr schwer.
—	—	10 Uhr 55 Min. Tetanus, welcher bald zurücktritt, die Maus liegt auf der Seite, athmet schwer, zeitweise neue Krampfanfälle.
11 Uhr. Die Maus schläft fest. Beim Beklopfen der Flasche entsteht heftige Zuckung des ganzen Körpers.	11 Uhr. Die Maus schläft fest. Beim Beklopfen d. Flasche entsteht heftige Zuckung des ganzen Körpers.	11 Uhr 5 Min. Die Maus liegt auf der Seite, die Athmung ist sehr verlangsamt (14 in der Minute) und schwer.
11 Uhr 20 Min. Derselbe Zustand. Die Maus schläft auch in abnormen Positionen.	11 Uhr 20 Min. Derselbe Zustand, auch diese Maus schläft in abnormer Lage.	—
11 Uhr 30 Min. stellte sich d. Maus auf d. Hinterfüsse und bekam Krampfanfall in den Vorderfüssen. Sie wacht auf und schläft wieder ein.	11 Uhr 30 Min. Zeitweise Zuckung des ganzen Körpers.	—
11 Uhr 45 Min. Die Maus wacht auf und beginnt das ihr vorgelegte Brot zu fressen.	11 Uhr 50 Min. Die Maus wacht auf und frisst das ihr vorgelegte Brot.	11 Uhr 45 Min. Derselbe Zustand. Gänzliche Lähmung der hinteren Extremitäten.

Fortsetzung zu Versuch Nr. XVIII.

Maus Nr. I	Maus Nr. II	Maus Nr. III
16. IX. um 10 Uhr 35 Min. Injection von		
12 mg	24 mg	36 mg
2 Uhr 35 Min. Die Maus ist vollkommen munter.	2 Uhr 35 Min. Die Maus ist vollständig munter.	2 Uhr 35 Min. Die Maus liegt auf der Seite, athmet sehr schwer und langsam, die hinteren Extremitäten sind gelähmt.

Am anderen Tage ist die Maus Nr. I und II vollkommen gesund und munter, die Maus Nr. III hat die hinteren Extremitäten gelähmt. Am dritten Tage wurde sie todt vorgefunden.

Bei Dosen von 8 bis 12 mg war die Somnolenz sehr evident und dauerte ziemlich lange. Nach Dosis von 36 mg erschienen Krämpfe und trat vollständige Lähmung der hinteren Extremitäten ein. In den Versuchen mit kleineren Dosen wurde ebenfalls schon während des Versuches (ähnliche Erscheinung wurde auch an Meerschweinchen in den früheren Versuchen constatirt) ein gewisses Lahmwerden der hinteren Extremitäten beobachtet, bei genauerer Untersuchung hat sich aber herausgestellt, dass es sich in diesen Fällen nicht um Lähmung, sondern um einen tonischen Krampf der hinteren Extremitäten handelte, so dass das Thier dieselben willkürlich nicht bewegen konnte. Diese Erscheinungen gingen aber entweder zurück oder in anderen Versuchen starb das Thier an allgemeinen Krämpfen. Bei einer Maus, welcher 36 mg injicirt wurden, dauerte die Lähmung der hinteren Extremitäten 48 Stunden, nach welcher Zeit die Maus verendete. Wurden einer Maus mehr als 50 mg Ammoniumchlorid injicirt, so trat nach kurzer Zeit heftiger tetanischer Krampf ein, welcher die Maus in eine beträchtliche Höhe geschleudert und in einigen Secunden darauf getödtet hat.

Analoge Versuche wurden ferner an Meerschweinchen und zwar mit Ammoniumchlorid und Ammoniumnitrat angestellt.

Versuch Nr. XIX.

Den Meerschweinchen verschiedenen Gewichtes wurden um 9 Uhr 30 Min., ihrem Körpergewichte entsprechend, grössere und grössere Mengen von Ammoniumchlorid in demselben (1 ccm) Lösungsquantum injicirt.

Meerschweinchen I (270 g)	Meerschweinchen II (275 g)	Meerschweinchen III (285 g)	Meerschweinchen IV (360 g)	Meerschweinchen V (365 g)
30 mg	40 mg	50 mg	60 mg	70 mg
9 Uhr 50 Min. tritt bei allen Thieren erhöhte Defäcation, aber keine Diarrhöe ein.				
9 Uhr 55 Min. Keine Wirkung.	Schwaches Zittern.	Schwaches Zittern.	Das Meerschweinchen weist eine gewisse Unruhe auf, hebt stets die hinteren Extremitäten.	Dasselbe wie bei Nr. IV.
10 Uhr. Das Thier sitzt ruhig da, zeigt eine gewisse Somnolenz.	Zeitweise eine mässige Würgbewegung.	Zeitweise eine mässige Würgbewegung.	Zeitweise eine Würgbewegung.	
10 Uhr 5 Min.	—	Oefters treten Anfälle von mächtigerem Zittern ein.	—	
10 Uhr 15 Min. Das Thier zeigt sich ganz normal.	—	Die Anfälle von Zittern dauern fort.	—	
10 Uhr 30 Min.	—	Das Thier wurde bedeutend ruhiger, es sitzt mit zugeschlossenen Augen da, Somnolenz	—	
10 Uhr 50 Min. zeigen sich alle Meerschweinchen ganz normal.				

Versuch Nr. XX.

Dieser Versuch wurde auf dieselbe Art wie der Versuch Nr. XVIII durchgeführt, injicirt wurden um 10 Uhr 50 Min. grössere Dosen.

Meerschweinchen I (280 g)	Meerschweinchen II (310 g)	Meerschweinchen III (350 g)	Meerschweinchen IV (345 g)	Meerschweinchen V (355 g)
80 mg	100 mg	120 mg	140 mg	150 mg
10 Uhr 55 Min.	Verlangsamung der Athmung, zuckende Bewegungen des ganzen Körpers, Trismus, d. hinteren Extremitäten berühren die vorderen, das Thier liegt wie todt.	Die Athmung schwierig und verlangsamt.	—	—
11 Uhr. Das Thier legt sich auf die Seite, infolge der Krämpfe berühren die hinteren Extremitäten die vorderen, Tetanus.	Die Athmung sehr oberflächlich und langsam.	Das Thier legt sich auf die Seite, mühsame Athmung, Krampfanfall, Tetanus.	Das Thier weist eine gewisse Müdigkeit auf, Somnolenz.	Das Thier weist eine gewisse Müdigkeit auf, Somnolenz.
11 Uhr 3 Min. Tetanus dauert weiter.	—	Tetanus dauert fort.	Das Thier legt sich auf die Seite, klonische Krämpfe, Tetanus.	Das Thier legt sich auf d. Seite, Tetanus.

11 Uhr 8 Min. waren schon alle Meerschweinchen todt, bei der Section wurden Hämorrhagien an der Costal- und Pulmonalpleura vorgefunden, das linke Herz war mit Blut von venösem Charakter gefüllt.

Nach Injection von kleineren Dosen von Ammoniumsalz trat bei den Meerschweinchen blos ein Zittern und eine Somnolenz ein, aus welcher sich aber die Thiere rasch erholt haben, während die Injection von grösseren Dosen (schon etwa 25 mg auf 100 g des Körpergewichtes) heftigen Tetanus mit lethalem Ausgang zur Folge hatte.

Vergleicht man die in den Tabellen angeführten Erscheinungen mit jenen von anderen Autoren beschriebenen, so findet man hier sowohl Somnolenz als auch Lähmung der hinteren Extremitäten, Würgbewegungen, Krämpfe und Tetanus.

Man darf also auch auf Grund dieser Versuche schliessen, dass die in den Versuchen früherer Forscher erwähnten Vergiftungserscheinungen durch Ammoniumsalze hervorgerufen waren.

Nun muss man die Aufmerksamkeit darauf lenken, inwieweit die Befunde der vorne angeführten Forscher mit Ergebnissen dieser Versuche übereinstimmen und inwieweit die hier angeführten Befunde die nicht übereinstimmenden Resultate erklären können.

Ransome fand Ammoniak in der Ausathmungsluft der Menschen. Aus diesem Befunde kann man schliessen, dass Ammoniak seinen Ursprung in cariösen Zähnen und in Zersetzungsproducten in der Mundhöhle hatte, namentlich bei den Kranken, welche Ransome bei seinen Versuchen verwendete.

Die Frage, ob auch unter normalen Verhältnissen Ammoniak durch die Lungen ausgeschieden wird, ist schon früher experimentell studirt worden, wie aus der Inaugural-Dissertation von Lange[1]) erhellt.

Man bediente sich früher zum Nachweis des Ammoniaks in der Ausathmungsluft des rothen Lackmus- und des Curcumapapiers oder der Salzsäure. Von der Prüfung mit Papier wandte

1) Lange, Physiologische Untersuchungen über das Verhalten und die Wirkung einiger Ammoniaksalze im thierischen Organismus. Inaug.-Dissertation, Dorpat 1874.

man sich bald ab, da es wenig empfindlich ist. Auch der Nachweis von Ammoniak mit Salzsäure hat sich in diesem Falle nicht als verlässlich erwiesen, denn hält man einen in Salzsäure getauchten Glasstab vor dem Munde des athmenden Individuums und entstehen weisse Nebel, so sind es nicht immer Salmiakdämpfe, denn die Salzsäure, besonders in concentrirter Form, vereinigt sich auch mit dem Wasser der Luft zu weissem Nebel.

Die erste quantitative Bestimmung des Ammoniaks in der Ausathmungsluft hat Thompson gemacht; nach ihm beträgt die tägliche Menge des Ammoniaks in der Ausathmungsluft 70 mg.

Reuling exspirirte durch eine reine Salzsäure enthaltende Retorte und bestimmte dann vermittelst Platinchlorids die in 24 Stunden ausgeathmete Ammoniakmenge auf nur 18,72 mg. Ausserdem bediente sich Reuling zum qualitativen Nachweis des Ammoniaks, des Hämatoxylin- und des Blauholzpapiers und fand, dass bei einem gesunden Menschen 15 Exspirationen genügt haben, das Reagens zu bläuen, während bei an Mundaffectionen oder fieberhaften Krankheiten Leidenden die Farbenveränderung schon nach wenigen Exspirationen eintrat. Da in einem Volumen atmosphärischer Luft im Mittel fast ebenso grosse Ammoniakmenge wie in der Ausathmungsluft gefunden wird, schliesst Reuling, dass durch die Lungen im normalen Zustande überhaupt kein Ammoniak ausgeschieden wird, sondern, dass das in der Ausathmungsluft nachgewiesene Ammoniak einfach vorher inspirirt wurde; bei gewissen Krankheiten findet aber eine ziemlich bedeutende Ausscheidung von Ammoniak mit der ausgeathmeten Luft statt.

Dazu fügt Lange hin, dass das Ammoniak bei diesen Krankheiten kaum in den Lungen ihren Ursprung hat, da bei Mundaffectionen und fieberhaften Krankheiten leichte catarrhalische Affectionen der Mund- und Rachenschleimhaut und Belegtsein der Zunge vorkommen, wobei infolge der Zersetzung von Secreten Ammoniak entsteht.

Ebenfalls Richardson und Wiederhold (1858), welche über einen mit Salzsäure befeuchteten Objectträger hauchten

und, da sie nach Verdunstung der Säure auf dem Glase unter dem Mikroskope Salmiakkrystalle erblickten, zum Schlusse kamen, dass durch die Lungen Ammoniak ausgeschieden wird, verfielen nach Lange in den Fehler, dass sie das Ammoniak, welches sich durch Zersetzung von Mundsecreten und Speiseresten bildet, unbeachtet liessen.

Diesen Fehler zu umgehen trachtete Thiry dadurch, dass er einem Kaninchen die Luftröhre eröffnete und das Thier vermittelst eines in letztere eingeführten Glasrohrs durch einen mit Müller'schen Ventilen versehenen Apparat athmen liess. Dabei musste die Einathmungsluft durch Schwefelsäure streichen, wo sie von ihrem Ammoniakgehalt befreit wurde, die Ausathmungsluft aber strich erst durch Kalilauge, welche die Kohlensäure absorbirte, und sodann durch Nessler's Reagens. Da in dem letzteren nach 20 Minuten die charakteristische braune Trübung auftrat, so schloss Thiry daraus, dass Ammoniak in der ausgeathmeten (also aus den Lungen kommenden) Luft vorhanden gewesen sei.

Lossen, welcher an sich selbst den Versuch machte, bediente sich eines ähnlichen Apparates, nur liess er die Ausathmungsluft durch Salzsäure streichen, um die Ammoniakmenge quantitativ zu bestimmen.

Er fand für 24 Stunden 10 mg Ammoniak und war geneigt, die Quelle auch dieser so geringen Menge in den Athmungswegen zu suchen, da nach Voit's Untersuchungen sämmtlicher Stickstoff der Nahrungsmittel im Harn und Koth wieder aufzufinden ist, mithin etwa im Blut sich bildendes Ammoniak nicht durch die Luftwege ausgeschieden werden könne.

Da letzteres Factum im Widerspruche zu den Ergebnissen von Thiry stand, so haben Voit und Bachl die Versuche Thiry's einer Controle unterworfen und anfangs dieselben Resultate gehabt, bis endlich Bachl nachgewiesen hat, dass das Ammoniak aus der Kalilauge stammte. Das Kali hydricum ist nämlich nur selten ganz rein, gewöhnlich enthält es geringe Mengen von salpetrigsaurem Ammoniak und dieses eben war bei den Versuchen durch den Luftstrom mit in das Nessler'sche

Reagens gerissen worden. Sobald nämlich frisch gegossenes, reines Kali verwendet oder die Ausathmungsluft direct in überschüssiges Nessler'sches Reagens geleitet wurde, so blieb die Reaction auf Ammoniak aus.

Kühne und Strauch (1864), welche die von einem Hunde ausgeathmete Luft zuerst über kein Ammoniak enthaltende Kalistücke und dann durch das Nessler'sche Reagens streichen liessen, haben dagegen schon nach einigen Minuten beobachtet, dass das Reagens zuerst dunkler und bald darauf stark trüb wurde.

Aus diesen Versuchen kann geschlossen werden, dass sich das Ammoniak nur durch Zersetzung der Secrete der Athmungswege bildet; in jenen Versuchen, wo sich kein Ammoniak nachweisen liess, wurde sehr rein gearbeitet.

Ueber die Giftigkeit der Ausathmungsluft machen die von Lange angeführten Autoren, sowie Lange selbst noch keine Erwähnung.

Der zweite Befund von Ransome, dass nämlich in der Ausathmungsluft Substanzen vorkommen, welche bei Oxydation mit Kaliumpermanganat Ammoniak liefern, lässt sich ungezwungen dadurch erklären, dass bei dem Versuche in das Condenswasser Speichel der Versuchspersonen eingedrungen ist, welcher Mucin enthält, der bei Oxydation mit Permanganat Ammoniak lieferte.

Dass ein ähnliches Eindringen des Speichels in die Condensflüssigkeit möglich ist, erhellt aus Versuchen anderer Autoren (Lehmann und Jessen, Hoffmann von Wellenhof), welche bei ihren Versuchen verschiedene Vorrichtungen zu dem Zwecke gemacht haben, damit der Speichel in das Condenswasser nicht gelangen konnte.

Ransome fand also Ammoniak in der Ausathmungsluft, er schreibt ihm jedoch keine giftigen Eigenschaften zu.

Die Versuche von Seegen-Nowack kritisirten Voit und Pettenkofer[1]) und behaupteten, dass die bei Versuchsthieren eintretenden Krankheitserscheinungen durch Chlor erklärt werden können, welches dem Sauerstoff, dessen sich Seegen und Nowack bei ihren Versuchen bedienten, beigemengt war. Das

1) Zeitschrift f. Biologie, Bd. XVI, 1880.

Chlor hätte dann seine Quelle im chlorsauren Kali und Braunstein, aus welchem beide Forscher den Sauerstoff zu ihren Versuchen vorbereiteten.

Zu diesem Einwand gelangten Voit und Pettenkofer, indem sie fanden, dass der so vorbereitete Sauerstoff, durch Jodkalilösung geleitet, das Jodkali zersetzt und Jod ausscheidet. Diese Wirkung erklärten sie sich durch Chlor.

Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Ansicht in einigen Fällen richtig sein kann, jedoch man muss erwägen, dass Seegen und Nowack den so erzeugten Sauerstoff mit Lauge wuschen, und es müsste die Waschung sehr oberflächlich und unvollkommen geschehen, dass die so geringe Menge Chlors, welche dem auf oben erwähnte Methode erzeugten Sauerstoff beigemengt wurde, nicht absorbirt wäre. Ferner muss man auch das erwägen, dass der Sauerstoff durch Kalihydrat aus dem Gasometer geleitet wurde, in welchem er mit Wasser in Berührung kam und schon das Wasser selbst viel Chlor absorbiren musste; da der mit Wasser gewaschene Sauerstoff, erst aus dem Gasometer in den Respirationsapparat kommend, durch Lauge gewaschen wurde, so scheint es, dass dem Chlor genügende Gelegenheit zum Absorbiren gegeben wäre.

Auf Grund unserer Erwägung wäre es möglich, die beobachteten Erscheinungen auch durch Ammoniak zu erklären, welches, auf welche Art immer entstanden (aus den Fäces, durch Zersetzung an der Oberfläche der Haut oder Schleimhaut des Thieres), im Stande war, giftig zu wirken. Wird aber die Ammoniak enthaltende Luft über glühenden Kupferoxyd geleitet, dann zersetzt sich Ammoniak, und der Wasserstoff wird zum Wasser verbrannt, während der Stickstoff elementar entweicht.

Man kann somit auf diese Art ganz ungezwungen erklären, warum die ausgeathmete, ursprünglich giftig wirkende Luft, über den glühenden Kupferoxyd geleitet, ihre Giftwirkung verlor.

Uffelmann hält die Stoffe, welche in der Luft vorhanden sind und mit Permanganat oxydirt werden, für organische Stoffe. Diese Erklärung ist jedoch nicht die allein mögliche. Man kann zwar auf den organischen Staub, welcher das Permanganat

reduciren könnte, denken, man muss sich aber zugleich erinnern, dass in der Luft in geringen Spuren auch anorganische Stoffe, wie die schweflige Säure, Schwefelwasserstoff und andere vorkommen, welche das Permanganat reduciren können. Dass insbesondere der Schwefelwasserstoff durch längeren Aufenthalt der Menschen vermehrt wird, kann nicht bestritten werden.

Es ist also durchaus nicht nothwendig, die Reduction des Permanganats in den Versuchen von Uffelmann durch organische Stoffe der Ausathmungsluft zu erklären, sondern man muss wenigstens theilweise auch die oben erwähnten anorganischen Stoffe in Rechnung ziehen. Man muss auch hervorheben, dass sich die Arbeit von Uffelmann überhaupt eigentlich mit Verunreinigung der Luft, nicht aber mit Giftigkeit der Ausathmungsluft beschäftigt.

Dass es sich in den ersten Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval um Ammoniak handeln konnte, erhellt daraus, dass die Condensflüssigkeit alkalisch reagirte, die in derselben enthaltene Giftsubstanz im Wasser löslich und flüchtig war; dass dieselbe flüchtig war, kann daraus geschlossen werden, dass die Flüssigkeit der Sterilisirung wegen in einem geschlossenen Gefäss gekocht wurde. Von der toxikologischen Seite aus sprechen dafür, dass es sich um Ammoniak handelte, allgemeine Krämpfe in einigen Versuchen und einmal ein Tetanus; die Erscheinungen bei den übrigen Kaninchen können leicht durch Wirkung von kleineren Dosen erklärt werden, welche keine Krämpfe, sondern nur eine gewisse Somnolenz hervorrufen, denn ebenfalls in unseren Versuchen ist beobachtet worden, dass einige Versuchsthiere (Meerschweinchen) auch erst nach einigen Tagen zu Grunde gingen.

Ebenfalls in den Untersuchungen von Wurtz wurde Ammoniak nachgewiesen, denn Wurtz isolirte Ammoniumchlorid. Er isolirte freilich neben dieser Verbindung auch eine gewisse Base in geringer Menge, er führt aber für die Giftigkeit derselben keine Beläge an. Nach der Vorschrift von Wurtz arbeiteten auch Lehmann und Jessen, jedoch es gelang ihnen nie, jene (alkaloïdähnliche) Base zu isoliren. An die Mög-

lichkeit, dass es sich um die giftige Wirkung von Ammoniak handeln könnte, denkt Wurtz nicht.

In ihren weiteren Versuchen geben Brown-Séquard und d'Arsonval zu, dass es sich um flüchtige Producte der Excremente handeln könnte und haben aus diesem Grunde den oben erwähnten Controlversuch mit negativem Resultate durchgeführt. Dass dieser Versuch negativ ausfiel, kann man folgendermaassen erklären: Strömt die Luft oberhalb einer Flüssigkeit, welche Ammoniak in nicht grosser Menge enthält, wie es bei den unter dem Wasser aufgefangenen Excrementen der Fall war, dann verhindert die mächtige Absorptionsfähigkeit des Wassers gegen Ammoniak, dass dieses in die oberhalb der Flüssigkeit befindliche Luft entweiche.

Bei den Versuchen in Käfigen entweicht natürlich auch nicht das Ammoniak aus dem Wasser, in welchem die Excremente aufgefangen werden, jedoch der an den Gefässwandungen haften gebliebene Harn, bzw. die Fäces können bei ihrer Zersetzung die Quelle von Ammoniak werden. Der Harn der Kaninchen ist im allgemeinen sehr concentrirt, und es tritt in solcher Flüssigkeit ammoniakalische Zersetzung leicht auf, besonders, wenn das Wasser austrocknet und blos eine gewisse Feuchtigkeit zurückbleibt, so kann solcher sich zersetzender Harn sehr leicht zur Ammoniakquelle werden; der mit Wasser reichlich verdünnte Harn unterliegt der Zersetzung nicht so leicht wie der concentrirte.

Dass es sich in den Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval um Ammoniak handeln konnte, erhellt auch daraus, dass die vor dem letzten Käfig eingeschaltete Schwefelsäure jene giftige Substanz absorbirte, infolge dessen das letzte Kaninchen auch am Leben blieb.

Die Versuche von Merkel mit den hintereinander verbundenen Flaschen schliessen die Möglichkeit nicht aus, dass die Vergiftung durch Ammoniak bedingt war, und besonders jener Umstand, dass die Menge von Condenswasser an den Wänden die Vergiftung verhinderte, spricht für Ammoniak. Gerade jener Umstand, dass, wenn mehrere Mäuse in einzelnen Flaschen untergebracht werden und dadurch mehr Condenswasser entsteht,

die Mäuse später zu Grunde gehen, kann dadurch erklärt werden, dass Ammoniak in dieser Condensflüssigkeit absorbirt und die Luft auf diese Weise von Ammoniak befreit wird. Diese Erklärung lässt Merkel selbst zu, jedoch er gibt sie für eine unbekannte flüchtige Base an.

Ebenfalls in den Versuchen, welche Merkel mit der Ausathmungsluft der Menschen vorgenommen hat, finden sich Umstände, welche sich durch Ammoniak erklären lassen. So muss vor Allem angeführt werden, dass jene Maus starb, welche die von einem mit Foetor ex ore behafteten Menschen ausgeathmete Luft athmete. Da nun Lehmann und Jessen in der Ausathmungsluft der Menschen Ammoniak nachgewiesen und gefunden haben, dass bei cariösen Zähnen Ammoniak in grösserer Menge vorkommt, so ist höchst wahrscheinlich, dass auch jene Person in dem Versuche von Merkel mehr Ammoniak ausgeathmet hat, als eine andere Person, und dass diese Menge genügend war, um bei einer Maus den Tod hervorzurufen. Der zweite für Ammoniak sprechende Umstand ist der, dass keine Erscheinungen in dem Versuche eingetreten sind, in welchem die ausgeathmete Luft durch verdünnte Essigsäure geleitet und die eingedampfte Flüssigkeit einem Thiere injicirt wurde. Dieser Umstand kann durch die bekannte Eigenschaft des essigsauren Ammoniums, dass dieses nämlich beim Erwärmen dissociirt, erklärt werden. Wahrscheinlich handelte es sich um solche Dissociation des entstandenen essigsauren Ammoniums auch in diesem Versuche, und die Maus zeigte nach Injection deshalb keine Erscheinungen, da in der injicirten Flüssigkeit kein Ammoniak mehr enthalten war, während in den Versuchen, in welchen Salzsäure verwendet wurde, Vergiftungserscheinungen nach Injection eingetreten sind, weil das Ammoniumchlorid durch Erwärmen nicht dissociirt.

In dem anderen Theile seiner Arbeit hat Merkel das Ammoniak in dem Condenswasser nachgewiesen und dadurch gewinnt die Erklärung, dass es sich in seinen für Giftigkeit der Ausathmungsluft sprechenden Versuchen um Ammoniak gehandelt hat, noch mehr an Wahrscheinlichkeit.

Ferner hat Merkel nachgewiesen, dass es nicht nothwendig ist, concentrirte Säuren zu verwenden, sondern dass schon die 1 proc. oder noch schwächere Salzsäurelösung die Vergiftung des Thieres im letzten Käfig verhindert. Dieser Umstand weist darauf hin, dass jene flüchtige Base eine starke Affinität zu Säuren besitzen muss, und diese Eigenschaft kommt im höchsten Grade gerade dem Ammoniak zu.

Wir gehen jetzt zur Besprechung derjenigen Versuche, welche gegen die Giftigkeit der ausgeathmeten Luft sprechen, über.

Hermans fand keinen Zuwachs an Kohlensäure und Wasser, wenn er die ausgeathmete Luft über den glühenden Kupferoxyd leitete. Ebenfalls der Titer des kochenden Kaliumpermanganates änderte sich nicht, arbeitete man bei sauerer oder alkalischer Reaction. Die Condensflüssigkeiten haben auch keinen Einfluss auf den Titer des Permanganats gehabt.

Bei den Versuchen von Hermans, welche mit den Ergebnissen der vorliegenden Versuche in vollem Einklang sind, wurde auf die Reinlichkeit das grösste Gewicht gelegt.

Zu den Versuchen von Dastre und Loye, Hoffmann von Wellenhof, Geyer, Russo, Giliberti und Alessi braucht man nichts zu bemerken, denn ihre Untersuchungen der ausgeathmeten Luft sprechen gegen die Giftigkeit derselben.

Lehmann und Jessen haben bei ihren Versuchen Ammoniak nachgewiesen, schrieben ihm aber keine giftigen Eigenschaften zu. Nach der Vorschrift von Wurtz arbeitend, haben sie keine giftigen organischen Stoffe aus der ausgeathmeten Luft isolirt.

Man könnte einwenden, dass, wenn es sich um Ammoniak gehandelt hat, eine Wirkung von den vorhandenen Ammoniumsalzen eintreten sollte. Dies war aber deshalb nicht möglich, da Ammoniak in sehr geringer Menge vorhanden war, nämlich 10 mg Ammoniumchlorid pro Liter. Ihre Versuche waren im Allgemeinen sehr reinlich durchgeführt, so dass keine Gelegenheit zur beträchtlicheren Ammoniakentwicklung gegeben wurde. Die vorhandene Ammoniakmenge war zum Hervorrufen von Vergiftungserscheinungen nicht hinreichend.

Auch Merkel hat Ammoniak gefunden, jedoch nicht einmal dieser Forscher schreibt ihm giftige Wirkung zu, obzwar er in einem Theile seiner Versuche eine gewisse Giftigkeit der Ausathmungsluft beobachtet hat, welche er aber anderen Stoffen als dem Ammoniak zuschreibt, trotzdem dass die 1 proc. Salzsäure die giftige Wirkung verhindert hat.

Ebenfalls Beu, obzwar er Ammoniak gefunden hat, schreibt demselben keine giftigen Eigenschaften zu. Auch in dem Versuche von Beu, in welchem auf die Reinlichkeit grosses Gewicht gelegt wurde, musste die Menge des Ammoniaks in der Injectionsflüssigkeit zu klein gewesen sein, so dass sie keine Erscheinungen hervorrufen konnte. Der Schwefelsäure in den Versuchen von Brown-Séquard sowie in den eigenen schreibt Beu die Wirkung zu, dass die Säure der aus den vorgehenden Käfigen kommenden Luft Wasser entzieht und dieselbe auf diese Weise trocknet. Beu bemerkt zwar dazu, dass auch die Ausdünstungen der Körperoberfläche sowie die Excremente, welche den folgenden Thieren zugeführt werden, in Betracht gezogen werden müssen, denkt aber nicht daran, dass das aus diesen Stoffen stammende Ammoniak in der Schwefelsäure zurückgehalten werde und auf diese Art nicht zur Geltung gelangen konnte, obzwar diese Erklärung, dass nämlich Ammoniak in der Schwefelsäure zurückgehalten wurde, am wenigsten gezwungen ist.

Ferner muss man die Versuche von Rauer berücksichtigen. In seinen Anfangsversuchen, in welchen die Geschwindigkeit der durch Käfige gesogenen Luft 11 bis 12 l pro Stunde betrug, so dass die Ventilation genügend sein musste, zeigten sich überhaupt keine Erscheinungen, nicht einmal in 8 Tagen; wurde die Ventilationsgeschwindigkeit auf 4 l pro Stunde herabgesetzt, so stellten sich bemerkbare Erscheinungen erst nach mehreren Tagen ein. Bei so kleiner Ventilationsgeschwindigkeit ist es natürlich, dass der Kohlensäuregehalt in der Luft der letzten Flasche mehr als 14 % erreichte und dann natürlich giftig wirkte; darüber herrscht kein Zweifel.

Rauer meint, dass auch in den Versuchen von Brown-Séquard und d'Arsonval sowie von Merkel die beob-

achteten Erscheinungen durch Kohlensäure bedingt waren, und erklärt es durch ungenügende Einrichtung ihrer Versuche. Jedoch dadurch wird nicht erklärt, warum die Einschaltung von Schwefelsäure in ihren Versuchen verhindert hat, dass das Thier in dem nachfolgenden Käfig unversehrt blieb.

Dass in den Versuchen von Rauer bei ungeheueren Mengen der Kohlensäure, welche sich bei ungenügender Ventilation angehäuft hat, die Schwefelsäure für das letzte Thier nicht rettend war, während der Natronkalk in genügender Menge Schutz gegen Vergiftung leistete, ist wohl begreiflich.

Dass sich in den Versuchen von Brown-Séquard und Merkel so ungeheure Mengen Kohlensäure angehäuft hätten, wie Rauer annimmt, scheint doch nicht wahrscheinlich zu sein, da die Ventilationsgeschwindigkeit in den Versuchen genannter Forscher viel grösser war (bei Merkel 11—12 l pro Stunde).

Ferner ist aus der Arbeit derselben Autoren ersichtlich, dass sie mehrere Male die Kohlensäure quantitativ bestimmten, und man müsste es als besonderen Zufall erklären, dass sie bei allen diesen Untersuchungen nie jenen Augenblick angetroffen hätten, in welchem die Kohlensäure so hohe Stufe erreicht hat, dass die beobachteten Erscheinungen durch dieselbe widerspruchslos erklärt werden könnten. Ausserdem haben die erwähnten Forscher selbst an die Möglichkeit der Kohlensäurevergiftung gedacht und aus demselben Grunde sie auch bestimmt, während Rauer überhaupt die Möglichkeit nicht ausgeschlossen hat, dass neben der Kohlensäure in seinen Versuchen auch andere Stoffe, z. B. Ammoniak wirken konnten, denn die Kohlensäuremenge in seinen Versuchen war so ungeheuer (bis zu 15,4 %), dass sie die Wirkung jedes anderen Stoffes verdecken musste. Wahrscheinlich ist zu erwarten, dass Rauer, wenn er die Schwefelsäure, welche er vor den letzten Käfig gestellt hat, nach dem Versuche neutralisirt, eingedampft und den Abdampfrückstand einem Versuchsthiere injicirt hätte, Vergiftungserscheinungen an einer gesunden Maus beobachten müsste. Dies hat aber Rauer unterlassen. Es handelte sich also in den Versuchen von Rauer

höchstwahrscheinlich um die Vergiftung mit Kohlensäure und Ammoniak, wobei aber Kohlensäure vorherrschte.

In den Versuchen von Lübbert und Peters war der Tod der Versuchsthiere durch Kohlensäure bedingt, wie aus der gefundenen Menge erhellt, welche zwischen 10 bis 13 % schwankte. Diese Forscher haben nachgewiesen, dass die Kohlensäuremenge nach dem Durchleiten der Luft über das glühende Kupferoxyd nicht grösser wird; es ist also zu schliessen, dass in der Ausathmungsluft keine organischen Stoffe vorhanden sind, denn sonst müsste bei Zersetzung derselben durch glühendes Kupferoxyd die Menge der Kohlensäure gestiegen sein. Ammoniak kam in ihren Versuchen nicht zur Geltung, denn es wurde während des Leitens über glühendes Kupferoxyd auf elementaren Stickstoff und Wasser zerlegt.

An die Arbeit der amerikanischen Forscher (Billings, Weir Mitchell a Bergey) kann man nicht näher eingehen, da uns dieselbe nur in einem Referate, in welchem nichts von der Anordnung der Versuche und Untersuchungen mitgetheilt ist, zugänglich war. Jedoch auch aus dem Referat erhellt, dass die von diesen Forschern gewonnenen Resultate mit Ergebnissen dieser oder jener Autoren übereinstimmen.

Vor Allem haben die Autoren im Condenswasser der von gesunden, tuberculösen und tracheotomirten Menschen ausgeathmeten Luft Ammoniak in geringer Menge gefunden, ebenso wie andere schon angeführte Forscher.

Dass die Thiere bei hochgradiger Anhäufung von Kohlensäure und Sauerstoffmangel zu Grunde gingen, ist gleich wie in den betreffenden Versuchen von Rauer begreiflich. Als Ursache des Sterbens der Thiere führen die Autoren den Sauerstoffmangel an, weil das Thier auch in einer Luft mit Kohlensäuregehalt von 20 % leben kann, wenn aber wenigstens 6 % Sauerstoff in derselben vorhanden sind.

Ferner haben die Autoren 13 Thieren das Condenswasser der von einem gesunden und einem tracheotomirten Menschen ausgeathmeten Luft mit negativem Erfolg injicirt. Dieser negative Befund kann wahrscheinlich dadurch erklärt werden, dass

die Ammoniakmenge zu klein war, um eine Vergiftung hervorzurufen. .

Dass die Einschaltung eines Kölbchens mit Schwefelsäure und eines Apparates zur Kohlensäureabsorption keinen Einfluss auf die Ergebnisse der Versuche gehabt hat, kann vielleicht so erklärt werden, dass die Kohlensäureanhäufung so hochgradig war, dass die Wirkung von Ammoniak ganz in Hintergrund trat, und da konnte natürlich die Vorlage der Schwefelsäure dem im folgenden Käfige befindlichen Thiere von keinem Nutzen sein. Dass aber nicht einmal die Kohlensäure absorbirende Flüssigkeit dem Thiere im folgenden Käfige keinen Schutz bot, davon kann die Ursache, wie in einigen Versuchen von Rauer, darin beruhen, dass solche Flüssigkeit in nicht hinreichender Menge vorgelegt wurde, so dass sie sich bald vollständig mit Kohlensäure gesättigt hat und infolge dessen keinen Schutz vor der weiter sich entwickelnden Kohlensäure bieten konnte.

Dass in dem zweiten Versuche von Růžička durch das nachträgliche Einschalten des Gefässes mit 90 ccm 0,43 proc. Salzsäure zwischen dem letzten und vorletzten Käfig die bei der letzten Maus schon bald nach dem Beginn des Versuches beobachteten Erscheinungen sich nicht gebessert haben, ist begreiflich, denn die Säure hat in dieser Beziehung keine curative, sondern nur prophylaktische Bedeutung.

Nachdem wir einzelne in der Literatur befindliche Versuche mit Rücksicht auf den Ammoniakbefund durchgenommen haben, so sehen wir, dass ein grosser Theil der Forscher (Brown-Séquard und d'Arsonval, Wurtz, Lehmann und Jessen, Merkel, Beu) in der ausgeathmeten Luft Ammoniak gefunden haben, weiter haben alle jenen Umstand sichergestellt, dass durch Säure, bei einigen Forschern sogar durch sehr verdünnte Säure, die giftige Wirkung der ausgeathmeten Luft paralysirt werden kann. Man kann also die giftige Wirkung der ausgeathmeten Luft in den angeführten Versuchen durch Wirkung des Ammoniaks erklären.

Die Versuche, welche für die Giftigkeit der ausgeathmeten Luft sprechen, namentlich die Versuche von Brown-Séquard

und ein Theil der Versuche von Merkel, fielen deshalb positiv aus, weil die Ammoniakmenge eine beträchtlichere war.

In den Versuchen, welche mit viel grösserer Sorge um Reinlichkeit (wie Lehmann und Jessen, Merkel, Beu) durchgeführt wurden, war die Menge des entwickelten Ammoniaks zum Hervorrufen der Vergiftungserscheinungen nicht hinreichend. Dass es auch in der Wirklichkeit der Fall war, dafür spricht der Befund von Lehmann und Jessen, welche in der Condensflüssigkeit blos 10 mg Ammoniumchlorid pro Liter gefunden haben; die Menge der Condensflüssigkeit war immer kleiner als ein Liter, so dass nicht einmal 10 mg Ammoniumchlorid injicirt worden sind.

In einigen Versuchen mit Condensflüssigkeit, wie z. B. bei Merkel, wurde so gearbeitet, dass die gewonnene Flüssigkeit im Vacuum eingedampft und injicirt wurde. Wenn man jetzt weiss, dass das Ammoniak die giftige Substanz ist, so kann man den negativen Erfolg der Injection gut dadurch erklären, dass beim Eindampfen im Vacuum Ammoniak aus der Flüssigkeit entweichen musste. Ursprünglich könnte in der gewonnenen Condensflüssigkeit genug Ammoniak vorhanden sein, um Vergiftungserscheinungen hervorzurufen, bei dem Eindampfen konnte aber Ammoniak entweder ganz oder grösstentheils entweichen und damit natürlich auch die giftige Wirkung der Condensflüssigkeit sich vermindern, beziehungsweise ganz verschwinden.

Besonders erwähnenswerth sind zwei sehr sorgfältig durchgeführte Versuche, nämlich die Versuche von Hermans und Hoffmann von Wellenhof. In beiden Fällen wurden die Versuche an Menschen durchgeführt, die Condensflüssigkeit reagirte neutral, die giftigen Wirkungen wurden nicht beobachtet.

Das Ammoniak bei den Versuchen vollständig fernzuhalten, ist nicht leicht. Unbedingt nothwendig ist, dass keine Ausscheidungen (Speichel, Harn, Fäces) überhaupt entstehen. Entstehen sie dennoch, da ist jede, sei es auch die rascheste Beseitigung derselben eine späte; kleine Spuren von Ammoniak gelangen schon immer in die Condens- oder Absorptionsflüssigkeit.

Dass auch beim Menschen Zersetzungsprocesse in der Mundhöhle eine gewisse Bedeutung bei der Ammoniakentwickelung haben, beweist sehr gut die Arbeit von Lehmann und Jessen, welche beobachtet haben, dass bei guten Zähnen weniger, bei cariösen mehr Ammoniak producirt wurde. Aus der Arbeit der amerikanischen Forscher (Billings, Weir Mitchell und Bergey) geht hervor, dass eventuell auch Zersetzungsprocesse in der Luftröhre (bei einem Tracheotomirten) oder in den Lungen (bei einem Tuberculösen) als Quelle der Ammoniakentwickelung dienen können. Dafür spricht auch der Befund von Ammoniak in der Ausathmungsluft der gesunden, tracheotomirten und tuberculösen Menschen, welchen die amerikanischen Forscher (Billings & Co.) gemacht haben.

Aus den in dieser Arbeit mitgetheilten Versuchen erhellt, dass eine vollständige Beseitigung von Ammoniak nur bei einem gut dressirten Hunde möglich ist, dessen Körperoberfläche sowie die zugänglichen Schleimhäute gründlich gereinigt worden sind, wodurch die Zersetzungsprocesse gehemmt werden.

Resumiren wir schliesslich die hier mitgetheilten, sowie durch Kritik anderer Versuche erworbenen Resultate, so darf man sich mit Recht über die ganze Frage der Giftigkeit der ausgeathmeten Luft auf folgende Weise äussern:

1. In den Lungen eines gesunden Menschen oder Thieres entsteht neben den bekannten Stoffen (Kohlensäure und Wasser) bei der Athmung keine giftige Substanz, welche sich der Ausathmungsluft beimenge und mit derselben die Lungen verlasse. Zeitweise enthält zwar die ausgeathmete Luft Ammoniak, aber dasselbe ist kein Product des Stoffwechsels, sondern ein Product der Zersetzung in der Mundhöhle, besonders bei cariösen Zähnen, bei den Kranken (nach Tracheotomie, bei Tuberculose) auch in der Luftröhre und in den Lungen.

2. In den Versuchen, welche die Giftigkeit der Ausathmungsluft beweisen, und bei welchen diese Giftigkeit durch Wirkung einer unbekannten organischen Base (Alkaloïd) erklärt wird, wurde mit Ammoniak gearbeitet, welches eben die Vergiftungserscheinungen verursachte, welche mit Unrecht einer unbekannten

organischen Substanz von basischer Natur (Alkaloid?) zugeschrieben wurden. Dass es nicht nothwendig ist, auf eine andere Base als auf Ammoniak zu denken, erhellt daraus, dass sämmtliche Versuche, welche eine andere organische Base zu isoliren trachteten, misslangen, sowie aus unserem Versuche Nr. VI.

Die Versuchsthiere in den hintereinander verbundenen Käfigen konnten entweder durch Ammoniakvergiftung verenden, wurden die Käfige genügend ventilirt, oder durch Kohlensäurevergiftung, war die Ventilation zu ungenügend, oder in manchen Versuchen concurrirten an der Todesursache Ammoniak, Kohlensäure und thermische Einflüsse (die erwärmte, mit Feuchtigkeit gesättigte Luft der Käfige).

3. Die Erscheinung, dass in überfüllten Räumen, in welchen für entsprechende Ventilation nicht gesorgt wird, auch bei gesunden Menschen Erscheinungen von Unbehagen, Ohnmachtanfälle bis Bewusstlosigkeit vorkommen, kann nicht durch eine einheitliche Ursache erklärt werden. Wäre die Ursache dieser Erscheinungen einheitlich, so müssten solche Erscheinungen, wenn nicht bei allen Menschen, doch wenigstens bei dem grössten Theile der dort verweilenden und in verhältnismässig gleichen Verhältnissen sich befindenden Menschen eintreten. Da aber solche Fälle nur bei einigen Menschen vorkommen, so muss man dafür halten, dass es sich in solchen Fällen um empfindlichere, erregbarere Menschen handelt. Diese Erscheinungen entwickeln sich bei empfindlicheren Menschen reflektorisch entweder infolge Störung der Regulation von Körpertemperatur in einer veränderten Umgebung oder infolge Ekelerregung durch riechende Stoffe von verschiedenem Ursprung. Weniger kann man an Ammoniak-, und erst bei einer sehr ungenügenden Ventilation an Kohlensäurevergiftung denken.

Ueber Spaltung und Zersetzung von Fetten und Fettsäuren im Boden und Nährflüssigkeiten.

Von

Max Rubner.

Die Fettzersetzung im Boden ist bisher nicht eingehender studirt worden; dass das Fett schliesslich verschwindet, und fast in derselben Zeit, wie die Leichen im Ganzen zerlegt werden, ist eine bekannte Erfahrungsthatsache. Nicht immer verläuft dieser Process aber der Regel gemäss; die Leichenwachsbildung stellt Einen der abnormen Hemmungsprocesse dar. Auch auf Rieselfeldern finden sich Fettreste, welche sich angeblich manchmal ungeheuer lange halten sollen; in ihrem Aeussern sind sie normalem Fett gegenüber von mehr oder minder veränderter Beschaffenheit.

Angeregt durch derartige Erfahrungen habe ich in dem Jahre 1887 eine Reihe von Untersuchungen über die Zerlegung des Fettes im Boden experimentell ausgeführt, welche auch in den darauf folgenden Jahren noch weiter gefördert wurden. Eine Reihe von Experimenten habe ich absichtlich so angelegt, dass sie erst nach vielen Jahren zum Abschluss kommen sollten. Da nunmehr aber über 12 Jahre dahingegangen, hielt ich es für angemessen, die Resultate in dieser Frage nachstehend mitzutheilen.

Die Zersetzung von Fetten im Boden ist verhältnismässig leicht experimentell zu prüfen, da viele Böden von Natur ungemein arm an fettigen Bestandtheilen zu sein pflegen.

Die meisten Experimente habe ich mit einem sehr humusarmen sandigen Boden, wie er in Marburgs Umgebung[1]) überall sich findet, angestellt, wenige Versuche mit einer Erde, die mir humusreicher schien. Von den Bodensorten wurde eine grössere Menge in Vorrath genommen, gemischt und dann weiter in geeigneter Weise verwendet. Torfartige Böden eignen sich weniger gut für die Experimente.

Um die Zersetzung des Fettes zu studiren, wurden bestimmte Mengen desselben zumeist in verschliessbare Glasgefässe mit je 200 g Boden gemischt. Da sich Fette aber ohne mechanische Behandlung schwer einigermaassen gleichmässig im Boden vertheilen lassen, verblieb bei den Bodenproben ein kleiner Glasstab, mit welchem die Vertheilung des Fettes vorgenommen worden war.

Mit Fett gemengter Boden nimmt schwer das Wasser an, selbst wenn nur wenig Fett vorhanden sein sollte. Durchweg wurde niemals mehr als 2,5 % Fett dem Boden beigemengt. Das Porenvolum des Marburger Sandbodens[2]) war 40 %; somit nahmen 200 g Boden (= 160 ccm Volum) 34 g maximalst an Wasser auf. Manchmal wurden nur 25 g, manchmal 50 g Wasser auf 200 g Boden zugesetzt. Eine Ueberschichtung des Bodens mit Wasser kam dabei nicht zu Stande; in den Fällen des geringeren Zusatzes von Wasser waren knapp 50 % der Poren des Bodens mit Wasser geschlossen.

Nach variablen Zeiten wurde das dem Boden zugefügte Fett in später zu schildernder Weise wieder extrahirt.

Den gedachten Untersuchungen kam, wie gesagt, der geringe Fettgehalt der Bodenproben sehr zu gute.

Der sandige Boden enthielt im Minimum nur 0,022 g mit Aether extrahirbarer Substanz für 200 g Boden; das Extract ist von saurer Reaction. Es wurden zur Neutralisation 0,5 ccm eines Barytwassers[3]) verbraucht.

1) Der Marburger Sandboden hatte 98,8 % Trockensubstanz, der Glühverlust betrug 2,5 %, auf die frische Substanz bezogen. Der Boden ist stark eisenhaltig, sehr kalkarm.

2) Der Humus hatte lufttrocken bei mittlerer Feuchtigkeit der Luft nur 1,6 % Wasser, und nur 2,7 % Glühverlust auf frische Substanz bezogen.

3) 1 ccm = 7,22 mg SO_3.

Daneben wurden nach Ansäuern und weiterem Extrahiren noch 8 mg Aetherextract erhalten, welche an die vorhandenen Eisen- und Kalkmengen gebunden sein mochten.

Es kamen mir aber später Bodenproben unter die Hände, welche weit mehr, nämlich bis 0,264 g Aetherextract neben 8 mg gebundener Fettsubstanz enthielten.

Der an organischen Stoffen nicht gerade nennenswerth reiche Humus ergab im Ganzen 0,068 g Aetherextract pro 200 g Substanz.

Enorme Quantitäten von ätherlöslicher Substanz erhielt ich aus Torfsubstanz, von 100 g trocken nicht weniger als 4,63 g, oder auf 200 g 9,32 g; für die nachstehenden Versuche eignen sich diese Böden daher gar nicht.

Die frei, irgendwo im Boden befindlichen Fette können ihr Verschwinden sehr verschiedenen Ursachen, nicht nur den später festzustellenden, verdanken. In den obersten Schichten, soweit die Sonne ihre Kraft äussert, vermag diese eine Spaltung einzuleiten.

Eine Probe Butterschmalz, sterilisirt und in einem sterilen Kolben eingeschlossen, wurde vom 5. bis 15. Juli 1887 direkter Sonnenwirkung ausgesetzt und nahm in dieser Zeit um 5,02 mg SO_3 an Acidität zu. Aehnlich in anderen Fällen. Freilich tief reicht die Wirkung der Sonne nicht in den Boden, wie aus den Experimenten von Kedzior[1]) hervorgeht. Sind einmal Spaltungsprodukte der Fette vorhanden, so spült das Regenwasser, insoweit im Wasser lösliche Fettsäuren und Glycerin vorhanden sind, dieselben weiter — falls nicht besondere Kräfte diese Produkte zähe festhalten sollten. Auch die Neutralfette sind übrigens im Wasser nicht absolut unlöslich; dieser Eigenschaft würden aber nur bei gewaltigen Niederschlägen eine Bedeutung hinsichtlich der Verminderung des Fettes im Boden zugeschrieben werden. Eher kann mitunter bei geeignetem Boden der mechanische Transport losgelöster Partikelchen in Frage kommen.

Bewahrt man Butterfett oder andere Fette in feuchtem, völlig sterilisirtem und steril bleibendem Boden im

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XXXVI.

Dunkeln auf, so findet sicher keine eigentliche Fettzehrung statt.

Als Vorversuche zu dieser Frage stellte ich eine Reihe von quantitativen Versuchen an, um zu erheben, ob man alle dem Boden zugesetzten Fette sicher wiedererhalten könne.

Einem Boden (200 g) setzte ich 4,435 g Fett zu und erhielt
4,3910 g Fett und Fettsäure,
0,0845 g als Seifen,
= 4,4755 g, wovon ab für den Boden
0,0380 g
4,4375 g sind demnach wieder erhalten worden.

Die Acidität hatte um weniges zugenommen.

In einem anderen Falle wurden 4,4255 g Butter zugesetzt, Fett und Boden sterilisirt. Der Boden blieb vom 2. bis 17. Juli 1887 im Laboratorium stehen, darnach wurde bei neutraler Reaction abgedampft und extrahirt, sodann angesäuert und destillirt, das Destillat als Buttersäure berechnet, der Rest mit Aether extrahirt.

Es wurden im Ganzen 4,410 g erhalten,
wovon ab 0,033 g
= 4,377 g. Das Deficit beträgt sonach rund 1 %.

Eine andere sterilisirte Bodenprobe (203 g) wurde am 15. Juni 1887 mit 4,5500 g Butter versetzt, Wasser zugegeben und bis 1. August 1888, also über ein Jahr, im Laboratorium stehen gelassen. Wieder gefunden wurden, abzüglich des im Boden an sich enthaltenen »Aetherextractes«, 4,450 g — = 97,9 % = — 2,1 % Deficit, wovon ein Theil offenbar auf kleine Mengen bei der Trocknung verloren gegangener Fettsäuren zu rechnen sein dürfte.

In sterilem Boden war von sterilem Fett also nichts aufgezehrt, dagegen findet allerdings in sehr geringem Umfang eine Spaltung der Fette statt.

Durch die Sterilisirung wird Butter nicht gespalten; eine genau untersuchte Probe gab vor der Sterilisirung 2,05 ccm Barytwasser Acidität, nach der Sterilisirung dgl. 2,05, trotzdem 1 Stunde im Dampfkochtopf erwärmt worden war[1]). Auch als Butterfett 4 Stunden auf dem Rückflusskühler in Alkohol gekocht wurde, nahm die Acidität nicht zu, wohl aber, wenn

1) Nach Fr. Hofmann sollen beim Erwärmen auf 100° ganz geringe Mengen sauerer Zersetzungsproducte gebildet werden. Vgl. Rechenberg, Journ. f. prakt. Chemie, 24, S. 212 und Benedikt, Analyse der Fette, III. Aufl., S. 42.

das titrirte Fett in offener Schale abgedampft wurde (es nahm die Acidität um 0,3 ccm Barytwasser zu, unter Veränderung der Farbe). Gibt man erneut Alkohol zu und dampft wieder ab, so findet sich eine saure Reaction.

Auch beim Kochen von ätherischer Lösung durch 4 Stunden hindurch konnte eine Zunahme der Acidität nicht constatirt werden.

Wird mit Baryt neutralisirtes »Fett« 4 Stunden mit Alkohol auf dem Rückflusskühler gekocht, so gewinnt es eine saure Eigenschaft, aber nicht mehr, als wenn man es rasch auf offener Schale abgedampft hätte.

Mit dem aus sterilem Boden entnommenen Fett war keine Procedur vorgenommen worden, die seine Spaltung hätte herbeiführen können; die Ursache geringfügiger Spaltung liess sich demnach nicht sicher darlegen.

Zersetzung von Fett in nicht sterilem Boden.

a) In kürzeren Zeiträumen.

Ueber die Zersetzung des Fettes (Butterfettes) in nicht sterilisirtem Boden wurden viele Experimente gemacht, die sich zunächst nicht über die Dauer mehrerer Monate ausdehnten. Die dem Boden zugesetzte Wassermenge betrug 25 %. Die Tabelle I enthält die Resultate.

(Siehe Tabelle I auf S. 72.)

Die Versuche wurden bei 40° und 35° im Thermostaten ausgeführt. Ausserdem bei Zimmertemperatur, die mit Sternchen versehenen 1888, die übrigen 1887. Bei den letzteren wurde das Wasser an der Luft abdunsten gelassen bis zur Lufttrockne, unter dem Exsiccator getrocknet, dann mit Aether extrahirt (= Fett und Fettsäure), das Fett bei 90° getrocknet, in Alkohol aufgenommen und mit Barytwasser (1 ccm = 7,3 mg SO_3) unter Zusatz von Rosolsäure titrirt. Der extrahirte Boden wurde mit Salzsäure schwach angesäuert, bei niedriger Temperatur getrocknet, nochmals extrahirt und verfahren wie oben.

Das zugesetzte Fett wurde zumeist, wenn nicht direkt gewogen, aus einer Pipette zugesetzt, in die es warm aufgesaugt

worden war: die Pipette war in gleicher Weise mittelst warmen Butterfettes geaicht worden, die maximalste Abweichung betrug 0,1 g Fett. Die Pipette wurde beim Auslaufen in ein Stativ eingespannt.

Tabelle I.

Zersetzung von Butterfett.

Temperatur	Tage	Zugesetzte Butterfettmenge	Fett und Fettsäure	Fettsäure aus Seifen	Summe	Acidität (die ursprüngl. Acidität abgezogen ccm	
			Bodenfett abgezog.				
40°	3	4,394	3,834	0,113	3,947	4,0	Sandboden
	5	4,394	3,985	0,132	4,117	4,3	
35°	9	4,394	4,226	0,066	4,292	1,6	
	14	4,394	4,124	0,098	4,322	2,6	
	21	4,394	4,238	0,025	4,273	6,4	
	40	4,394	3,828	0,223	4,051	9,1	
Zimmertemp. etwa 20°	33	4,394	3,629	0,062	3,692	3,0	
	44	4,394	3,769	0,123	3,825	5,6	
	58	4,394	3,397	0,173	3,570	7,6	
	*49	4,476	4,302	0,070	4,373	6,0	
Zimmertemp. etwa 20°	11	4,394	3,934	0,093	4,027	3,3	Humus
	18	4,394	3,919	0,119	3,938	5,0	
	28	4,394	3,769	0,096	3,866	6,5	
	57	4,394	3,526	0,165	3,691	10,1	
	*48	4,476	—	—	4,178	—	

Von dem gefundenen Fett, der Fettsäure und den »Seifen« wurden die in den Bodenproben selbst vorhandenen Extracte abgezogen. Als Acidität ist die Summe der Aciditäten der Fette und Fettsäuren und der Fettsäuren aus Seifen genommen, und davon die Acidität des unveränderten (zugesetzten) Fettes und des Bodenextracts abgezogen. Die Zahl (ccm Barytwasser) gibt demnach die Vermehrung der Acidität durch die Berührung des Fettes mit dem nicht sterilen Boden.

Die vorliegenden Zahlen beweisen mit Bestimmtheit, dass Neutralfett in dem Boden gespalten und

aufgezehrt wird. Die Summe aller aus dem Boden extrahirten Substanzen ist geringer als die Menge des zugesetzten Fettes. Bei 40° lässt sich die Verminderung des Fettes in 3 bis 5 Tagen nicht verkennen. Wie aber dann die länger fortgesetzte Reihe bei 35° erweist, waren die Bedingungen für die Verzehrung des Fettes nicht so sehr günstig; denn nach 40 Tagen waren immerhin erst 0,343 g Fett zersetzt worden. Die hohe Temperatur eignet sich für die im Boden wirksamen Keime offenbar nicht; weit mehr wurde in der analogen Reihe bei Zimmertemperatur zerlegt.

Am 58. Tage waren 0,820 g Fett aufgezehrt; die Hauptzersetzung hat sich im ersten Monat vollzogen. Für den Effect war es gleichgültig gewesen, ob sandiger Boden oder Humus vorlag. Aber sicher spielt die zufällige Beschaffenheit des Bodens eine wichtige Rolle; die im Jahre 1888 ausgeführten, mit Sternchen versehenen Untersuchungen erweisen dies zur Genüge, und da es sich um biologische Vorgänge handelt, bedarf es wohl keines weiteren Beweises, dass beliebige Bodensorten nicht dasselbe erzielen werden. Auch die Regelung des Wassergehaltes wird selbstverständlich ihren Einfluss üben.

Fette und Fettsäuren, für sich betrachtet, zeigen eine raschere Abnahme als das Gesammtfett; dies erklärt sich aus den Vorgängen der Fettspaltung. Die letztere zeigt sich überall mit der Dauer des Versuchs zunehmend. Ja, sie ist anscheinend bei 35° grösser als bei 20° trotz grösserer Fettzehrung; will man richtig verfahren, so müsste man natürlich in Betracht ziehen, dass bei 20° im Sandboden 4,051 -- 3,570 = 0,481 g Fett mehr aufgezehrt, also vorher wohl auch gespalten worden sind, wie bei 35°.

Die Proben im Humus schienen kräftiger zerlegt als die im Sandboden; aber bei der noch geringen Erfahrung auf dem in Frage stehenden Gebiet möchte ich das Ergebnis nicht verallgemeinern. Die durch die Fettspaltung frei werdenden Fettsäuren finden sich zum Theil als Seifen gebunden. Manchmal ist die Menge der letzteren sehr unbeträchtlich, wenige Procente des Gesammtfettes, manchmal wächst ihre Menge, absolut und

auch relativ, vielleicht weil zugleich mit der Zeit die Menge der Fette und Fettsäuren abnimmt.

Nach den Untersuchungen von Ducleaux[1]) besteht das Butterfett aus: 93,0 % Oleïn, Palmitin, Stearin,
4,4 % Butyrin,
2,5 % Caproïn,
0,1 % Caprylin und Caproïn.

Die Angaben können natürlich keine allgemeine Verbindlichkeit besitzen, da es ja keine constante Zusammensetzung der Butter gibt.

Wenn 100 g Butterschmalz 4,4 g Butyrin enthalten, so können diese bei der Spaltung 2,92 g Buttersäure liefern und 4,4 g Butter, 0,128 g Buttersäure = 7,9 ccm meines Barytwassers entsprechend. Vergleicht man diese Zahl mit den erhaltenen Aciditäten, so wird dieselbe erheblich überschritten. Es kann unmöglich nur das Tributyrin gespalten worden sein. Kann die anscheinende Zersetzung des Fettes etwa nur darauf zurückgeführt werden, dass sich die Glyceride niederer Fettsäuren gespalten haben und Buttersäure abgedunstet ist?

Wenn man reine Buttersäure dem Boden beimengte, so wurde ein Theil, und zwar nicht so sehr wenig, von dem Boden gebunden[2]), und es ging auch nach längerem Destilliren (ohne Ansäuern) nicht alle zugesetzte Buttersäure ins Destillat über. Bei dieser Zurückhaltung spielt aber gleichzeitig anwesendes Neutralfett auch eine Rolle, indem bei gleichzeitiger Zugabe von 4,4 g Fett zum Boden wesentlich mehr an Buttersäure zurückblieb. Auch wenn man nach Zusatz freier Buttersäure den Boden auf dem Wasserbade trocknete, blieben von 2,5 g Buttersäure noch 0,096 g im Boden und konnten erst mit Aether extrahirt werden. Kleine Buttersäuremengen zu binden, war also der Boden ohne weiteres in der Lage.

---

1) Comptes rend., 102, p. 1077 ff.; ähnlich gibt auch Spallanzani, Maly's Jahrbücher, 1890, die Zusammensetzung der Butter an.

2) Dies beruht theils auf ›Absorption‹ durch den Boden, theils auf Bindung durch kleine Kalkmengen und namentlich auch durch das reich vertretene Eisen.

Die Fettzersetzung kann also unmöglich nur durch eine Verflüchtigung der Buttersäure vorgetäuscht werden, denn dann hätten ja nur bei 4,4 % Tributyringehalt 0,128 g Substanz zu Verlust gehen können, während bis zu 1,22 g des angewandten Fettes fehlen. Eine ähnliche Ueberlegung zeigt, dass auch die Abspaltung sämmtlichen Glycerins nur Verluste beschränkter Grösse erzeugen könnte.

Im Uebrigen gestaltet sich der Modus der Fettzersetzung völlig anders. Alle im Nachstehenden mitzutheilenden Analysen beweisen, dass annähernd gleichmässig alle Triglyceride gespalten werden. Die Fettspaltung und Zersetzung wird allemal so zu Stande kommen, dass die Fettkügelchen entweder, wenn sie kleinster Ordnung sind, von den Organismen in deren Inneres aufgenommen werden, oder, dass grössere Tröpfchen an ihrer Oberfläche von den fettzehrenden Organismen besiedelt werden. Selektiv in der Auswahl verschiedener Glyceride verfahren weder höhere Organismen, noch liegen Anhaltspunkte für ein abweichendes Verhalten der niederen Organismen vor.

Ueber die Art der Fettzersetzung geben folgende Experimente Aufschluss:

Das angewandte Butterfett gab, nach der Hehner'schen Methode behandelt, 85,9 % hochatomige Fettsäuren.

Untersucht wurden weitere zwei Fettproben, welche 40 Tage mit Boden in Berührung waren; sie wurden gemischt.

Es wurden gefunden nach Hehner 87,9 % hochatomige Fettsäuren. In diesem Gemische wurde durch Darstellung von ölsaurem Blei die Oelsäure bestimmt, und 28,4 % Oelsäure, welche aber etwas bräunlich gefärbt war, gefunden. Der Oelsäuregehalt der Butter soll nach Asbóth 32,2 bis 37,4 % ausmachen. Die von mir gefundene Zahl bleibt unter den kleineren Werthen Asbóths[1]), wobei zu bemerken ist, dass die letzteren für das Gesammtfett berechnet wurden. Die Ergebnisse beweisen, dass eine einseitig eingreifende Zersetzung bestimmter Triglyceride in bedeutenderem Umfange nicht stattgefunden haben kann.

1) Chemiker-Zeitung, 1896, S. 91.

Für die Prüfung der Zersetzungsweise der Fette im Boden bietet die Feststellung der Aciditätswerthe grosse Vortheile.

Um die Verseifungs- und Aciditätszahl der verwendeten Butter festzustellen, habe ich mich früher folgenden Verfahrens bedient.

Fett, 4 bis 5 g, wurde mit 10 ccm mässig concentrirter Natronlauge unter Alkoholzusatz bei Luftabschluss verseift, dann bis auf ein bestimmtes Volumen verdünnt, meist auf 170 ccm. Von der Seifenlösung wurde dann ein Theil weggenommen, mit dem halben Volumen reiner Chlorbaryumlösung von bestimmtem Gehalte versetzt, geschüttelt, filtrirt und mit verdünnter Schwefelsäure titrirt. Die Alkalescenz der verwendeten carbonatfreien Natronlauge wurde gleichfalls bestimmt.

Als Acidität[1]) wurde in dieser Weise für Butterfett erhalten:

pro 1 g	0,1586 SO_3
für Oleum amygdalarum . .	0,1465 »
» Schweinefett	0,1468 »

Die direkte Titrirung, ohne Chlorbaryumzusatz, gab wenig befriedigende Resultate.

Die Fettsäuren, welche in etwas ranzig gewordener Butter sich befanden, hatten, pro 1 g gerechnet, 0,148 SO_3 Acidität, unterschieden sich also nicht wesentlich von der Acidität der Butter selbst.

Von dem aus dem Boden entnommenen, halbzersetzten Fett wurden in mehreren Fällen, in welchen bedeutende Mengen Fettsäuren entstanden waren, nach der Titration zur Trockne verdampft und wieder mit Aether extrahirt und so indirect das

1) Die Werthe sind selbstverständlich analog der sog. Köttsdorferschen Zahl, welche auf Kalihydrat (KOH) gerechnet wird. (1 g SO_3 = 1,4 KOH), also

Butterfett . . =	222,4 (schwankt nach anderer Angabe zwischen	220—245),
Oleum amygdal. =	205,1 (» » » » »	189—195),
Schweinefett . =	205,5 (» » » » »	195—197).

Benedikt, a. a. O., S. 543, 458.

Gewicht der Fettsäure selbst bestimmt. Die Acidität war in vier verschiedenen Fällen:

$$\left.\begin{array}{r}0{,}182\\0{,}156\\0{,}191\\0{,}149\end{array}\right\}0{,}169,$$

somit etwas höher, als der mittleren Acidität des Gesammtbutterfettes entsprach, woraus man auf ein geringes Ueberwiegen der niederen Fettsäuren schliessen dürfte.

Wenn die »Seifen«, welche nach Extraction mit Aether im Boden zurückgeblieben waren, zerlegt worden und mit Aether die frei gemachten Fettsäuren aufgenommen worden waren, so gaben diese in all den Fällen, in welchen noch Mengen von 75 bis 126 mg titrirt werden konnten, auffallend wenig Acidität, immer ganz erheblich weniger und höchstens bis 100 mg SO_3 pro 1 g. Da es sich nicht um ein Uebersehen bei der Extraction handeln konnte, und bei den kleinen Mengen eine weitere Untersuchung nicht angängig war, mag die nähere Ursache des ungleichen Verhaltens dahingestellt bleiben.

Die eben mitgetheilten Thatsachen berechtigen alle nur zu dem Schlusse, dass bei der Fettspaltung im Boden ein ausschliesslich einseitiger Abbau irgend welcher Triglyceride nicht stattfindet.

Die Spaltung der Fette in dem Boden ist eine offenbar ungemein rasch eintretende Veränderung; wir haben nur das Auftreten der Fettsäuren, nicht aber das Schicksal der Glyceride weiter berührt. Es war mir von vornherein nicht zweifelhaft, dass das Glycerin ein sehr vergängliches Dasein führen dürfte, zumal es, wie bekannt, in verdünnter Lösung ein von Bacterien gern aufgenommener Nährstoff ist. Zur Vervollständigung der Schlussfolgerungen habe ich denselben, wie sonst verwendeten, Bodensorten Zusätze von 1% Glycerin gemacht. Vom 7. Juli bis 20. October 1887 war das Glycerin bis auf Spuren verschwunden; eine sauere Reaction des Wasserextracts des Bodens war nicht aufgetreten.

Die Fettspaltung war in den angegebenen Versuchen eine sehr kräftige; wenn man in Betracht zieht, dass ein erheblicher Theil des Fettes zerstört, demnach auch gespalten war, so findet man, dass bei 35° in 40 Tagen rund $^1/_5$ des Fettes gespalten wurde[1]),

bei 20° in 58 Tagen rund $^{28}/_{100}$,
im Humus » 20° » 57 » » $^{28}/_{100}$.

Mit Rücksicht auf die ungleichen Zeiten zeigt sich doch die Spaltung bei 35° etwas höher als die bei 20°; im Uebrigen würde es ausgedehnter Versuchsreihen bedürfen, um diesen Einfluss der Temperatur wirklich genau festzustellen.

Die Fettspaltung ist offenbar auf die Wirkung der Mikroorganismen zurückzuführen, wenigstens können andere Momente hier zum überwiegendsten Theil ausgeschlossen werden. Welche Art diese Mikroorganismen waren, ist in diesen Fällen nicht näher festgestellt, in erster Linie kommen aber entschieden im feuchten Boden die Spaltpilze in Betracht.

Ueber die fettspaltende Wirkung durch Bacterien sind vor Jahren von Sommaruga[2]) ganz umfangreiche Experimente gemacht worden, die sich auf etwa 19 verschiedene Species beziehen. Bei näherer Betrachtung kann man dem von Sommaruga gemachten Schlusse aber nicht beitreten; er hat die fettspaltende Wirkung so festgestellt, dass er Nährböden, z. B. Gelatine, mit 2% Fett versah, und nun auf Gelatineröhrchen mit und ohne Fettzusatz Bacterien aussäte und durch Titration die Veränderung der Reaction quantitativ feststellte. Es ist aber einleuchtend, dass man auf diesem Wege zu gar keinem beweisenden Schluss kommen kann. Die Säurebildung war auch in den

1) Die Berechnung kann etwa folgendermaassen gemacht werden: die Gesammtacidität, incl. der anfänglich vor dem Versuch bestimmten, war etwa um 2,4 ccm höher als die Werthe der Tabelle S. 72.

Die Acidität des angewendeten Fettes ist = 694 mg SO_3, das restirende Fett wäre 4,051, 3,570, 3,691 etc. × 158. Dieser Werth, von dem Anfangswerth abgezogen, gibt die Acidität des zu Verlust gegangenen Fettes, hiezu kommt noch die Acidität des nach dem Versuche noch vorhandenen Fettes.

2) Zeitschr. f. Hygiene, XVIII, S. 441.

Röhrchen ohne Fettzusatz fast ebenso gross wie in den Röhrchen mit Fett. Somit hing in jedem Falle die Menge der erzeugten Säure von der Menge der gewachsenen Bacterien ab, die nicht bestimmbar war. Ausserdem dürfte man, selbst wenn in den fetthaltigen Nährböden die Säureproducte grösser als in den nicht fetthaltigen waren, dies nicht als einen noch dazu quantitativ verwerthbaren Ausdruck an Fettsäurebildung ansehen, da ja auch andere Säuren entstanden sein konnten.

In einer längeren Versuchsreihe war dem Boden auf 200 g 10 g kohlensauerer Kalk zugesetzt worden, um den Verlust flüchtiger Fettsäuren, der ohnedies keine wesentliche Rolle spielen kann, zu hindern. Es gibt folgende Tabelle die näheren Daten.

Tabelle II.

Butterfett in Sandboden mit kohlensauerem Kalk.

Zimmertemperatur.

Tage	Zugesetzt an Fett in ccm	Fett und Fettsäure (Bodenfett abgezogen)	Fettsäure aus Seifen (Bodenfett abgezogen)	Summe	Aciditätzunahme in ccm Barytwasser
8	4,394	4,132	0,069	4,201	1,2
11	4,394	4,273	0,036	4,309	0,5
22	4,394	3,935	0,253	4,181	11,0
60	4,476	—	—	4,147	11,3

Man sieht auch hier eine langsame Abnahme des Fettes, eine Zersetzung desselben eintreten. Besonders fördernd auf den Process hat der Marmor nicht eingewirkt. Spaltung des Fettes ist reichlich in der 22 tägigen Reihe nachzuweisen. Die reichliche Spaltung zeigt sich an der Zunahme der »Seifen«. Die Zahlen beweisen aber nicht, dass die Spaltung der Fette viel weiter gegangen wäre als ohne Zusatz von CO_3Ca; denn ebenso starke Spaltung, ja etwas höherer Zuwachs an Acidität wurde auch unter anderen Umständen erreicht.

Die Vertheilung des Kalkes war offenbar nicht fein genug, um überall die Bindung der Säuren auszuführen, oder die Bindung erfolgt für manche Fettsäuren überhaupt nur schwierig,

oder endlich, die Spaltung geht noch weiter, wenn der Wassergehalt des Bodens bereits so stark gesunken ist, dass eine Zersetzung des kohlensauren Kalkes erschwert ist.

Der Aetherextract reagirte sauer; dieser sauere Antheil gab, pro 1 g berechnet, 152 mg SO_3 an Acidität, was etwas weniger darstellt, als der mittleren Säurezahl der Butter entspricht, und die aus den Seifen dargestellten Fettsäuren hatten eine noch um einige Procent niedrigere Acidität.

Bei dem 60 Tage währenden Versuch wurde erhalten durch directes Extrahiren mit Aether 3,879 g mit Acidität = 7,8 ccm Bar.

durch Destillation (als Buttersäure berechnet)	0,0124	0,8
den Rest (hochatomige Fettsäuren) direct extrahirt .	0,2860	5,2
	= 4,177 g	= 13,8
ab für Boden und Anfangsacidität	0,030	2,5
	= 4,147	= 11,3.

Die Spaltung ist hier analog, die Zersetzung des Fettes im Ganzen etwas geringer ausgefallen als in den anderen Reihen[1]).

b) Zersetzung im Laufe eines Jahres.

Gleichzeitig mit den eben angeführten Experimenten waren Proben von Fetten mit Sandboden gemengt und Wasser versetzt worden und blieben dann vom Sommer 1887 bis Sommer 1888 in einem Raume unter dem Dachboden vor Licht geschützt stehen. Das anfänglich zugesetzte Wasser verdunstete in den ersten paar Monaten, so dass die Proben später, als sie untersucht wurden, völlig lufttrocken geworden waren. Angewandt wurden Butter, Mandelöl, Leberthran, Oelsäure, Stearinsäure.

---

1) Die Fettsäuren nehmen zum Theil leicht Eisen auf, z. B. aus Eisenoxydsalzen. Auch wenn man Stearinsäure und Palmitinsäure oder Oelsäure mit doppelt kohlensauerem Eisenoxydul, wie solches im Boden häufig entsteht, schüttelt, färben sich die (eventuell geschmolzenen) Fettsäuren dunkel. Bei Oelsäure entsteht eine in Aether leicht lösliche Eisenbindung. Diese kann also unter Umständen sich dem »Neutralfett« beimengen.

Tabelle III.

Fett	Angewandt in g	Neutralfett, Fettsäuren, Seifen (Fettsäuren) abzügl. Bodenfett	Zersetzt in %
Butter . . .	4,552	3,506	22,9
Mandelöl . .	4,600	3,883	15,5
Leberthran . .	4,650	4,189	9,9
Oelsäure . .	4,495	4,058	9,7
Stearinsäure .	4,225	3,697	12,4

Fett	Rest des Fettes	Berechnete maximalst mögliche Säurebildung in mg SO_3	Die Fette verbrauchten an Barytwasser ccm	Acidität abzüglich d. Acidität des Bodenfettes mg SO_3	Veränderung in % (Zunahme)
Butter . .	3,506	555	37,7	259	46,6 %
Mandelöl .	3,883	567	40,0	277	49,0 »
Leberthran .	4,189	568	38,0	262	46,1 »
Oelsäure . .	4,058	576	76,0	539	(93,6)
Stearinsäure	3,697	517	76,0	539	(93,6)

Die vorliegenden Tabellen zeigen, dass alle angewandten fettartigen Materien im Laufe des einen Jahres eine Zersetzung erlitten haben, ob diese Unterschiede der Zerleglichkeit specifische sind, soll hier zunächst nicht untersucht werden. Die Zersetzung war aber durchaus keine sehr grosse, ja, wie man durch Vergleich mit S. 72 erkennt, kaum grösser als sich wohl auch innerhalb weniger Monate hätte erzielen lassen. Die Ursache liegt, wie man ohne weiteres schliessen muss, in der grösseren Trockenheit des Bodens, welche vom zweiten Monate ab anscheinend eine sehr erhebliche gewesen ist.

Im Gegensatz zur geringen Verzehrung der Fette und Fettsäuren steht deren ungemein reichliche Spaltung; von den hinterbleibenden Fettresten waren zwischen 46—49% gespalten. Dass die Acidität der Oel- und Stearinsäure nach dem Versuche nicht genau so gross gefunden wurde, als berechnet wurde, mag wohl darauf zurückgeführt werden, dass das betreffende Präparat nicht direct vor dem Versuche einer

besonderen Titration unterworfen worden war; auch mag die Bindung von Eisen eine Rolle spielen. Die Fettspaltung ist nach dem Gesagten eine ungemein grosse; sie ist ein Process, der offenbar der Fettverzehrung vorausgeht und von der letzteren unabhängig ist.

Man wird zwar kaum in Frage sein können, dass die Fettzerstörung im allgemeinen unter Bildung von Kohlensäure und Wasser vor sich gegangen sein wird, dies um so mehr, als in diesen, ein Jahr währenden Versuchen ein wesentlicher Antheil der Zersetzung auf die Mitwirkung von Schimmelpilzen zurückgeführt werden muss. Den Verlust von Spuren flüchtiger Fettsäuren wird man aber, vorbehaltlich näherer Untersuchung, nicht bestreiten dürfen.

Ich habe aber ausnahmsweise noch einen anderen Weg eines Verlustes kennen gelernt; in zwei Proben habe ich nach der völligen Austrocknung nochmals Wasser zugegeben und dann in den nächsten Tagen einen ungemein intensiven Geruch nach buttersauerem Aether wahrgenommen, ein Geruch, der ausserdem viele Tage hindurch nachgewiesen werden konnte.

c) Zersetzung in langen Zeiträumen (12 Jahre).

So geringfügig die Zersetzungen in dem trockenen Boden anscheinend sich gestalten, so erreichen sie im Laufe der Zeit eine bedeutende Grösse. Im Winter 1900 wurden eine Reihe von Proben aus dem Jahre 1888 geöffnet und der Aetherextract bestimmt. Die Proben liessen manchmal einen specifischen Geruch wahrnehmen, noch deutlicher trat er meist bei den extrahirten Fetten entgegen. In allen Proben war noch Aetherextract zu erhalten, zumeist aber nur wenig.

Von Leberthran, Mandelöl, Oelsäure war am meisten aufgezehrt, von Butter- und Stearinsäure war am meisten übrig geblieben. Auch hier möchte ich auf die Unterschiede als etwaige Beweise einer specifischen Zerleglichkeit keinen Werth legen.

Der Aetherextract war bei Butter- und Stearinsäure völlig weiss, bei Oelsäure braun (zum Theil auch mitgelöstes Eisen), bei Mandelöl gelblich, bei Leberthran braun.

Mehrere Proben enthielten noch Schimmelpilze und Bacterien, die sich auf Nährgelatine entwickelten.

Es wurde gefunden:

Leberthran, Neutralfett und Fettsäure	0,846
Fettsäure aus Seifen . .	0,566
	1,412.
Mandelöl, Fett und Fettsäure . . .	0,993
Fettsäure aus Seifen . .	0,699
	1,692.
Butter, Fett und Fettsäure	2,099
Fettsäure aus Seifen . .	0,699
	2,798.

Im letzteren Falle, der die am wenigsten vorgeschrittene Fettzersetzung bot, fehlen von 4,5 g Fett in 12 Jahren 1,7 g, anscheinend also im Ganzen doch wenig. Da aber nur 200 g = 160 Raumtheile Boden vorlagen, würde 1 l Boden etwa 10,62 g zerstören. 1 cbm 10,62 kg $= \frac{10,62}{12} =$ 864 g im Jahr = 2,3 g im Tag.

Der Aetherextract, also »Neutralfett und Fettsäure«, bestand bei Butter zur Hälfte aus freier Fettsäure, bei Leberthran zu $^2/_3$, bei Mandelöl war die Acidität, 113 mg SO_3, während, wenn nur Fettsäuren vorgelegen hätten, nur 145 mg SO_3 hätten erhalten werden können. Die Spaltung der Fette ist also in allen Fällen eine ungemein weitgehende, aber doch noch keine vollständige.

Nach den besonderen Bedingungen der Versuche gibt sich von selbst, dass nur in den ersten Monaten für die Bacterienentwickelung günstige Bedingungen vorlagen, dass aber späterhin wegen Zunahme der Trockenheit ausschliesslich nur Schimmelpilze Gelegenheit zum Eingreifen in die Zersetzung fanden. Es bestanden somit ähnliche Verhältnisse wie etwa bei dem Begräbnisse von Leichen.

Die vorliegenden Versuche lehren die wichtige Thatsache, dass auch ohne Zufuhr von Feuchtigkeit in dem völlig lufttrockenen Boden eine Zerstörung von Fetten und Fettsäuren eintritt. Wir stellen uns zumeist vor, dass zur völligen Aufzehrung des organischen

Materials die atmosphärischen Niederschläge unbedingte Voraussetzung sind; hier in meinen Versuchen war mindestens $11^1/_2$ Jahre nicht mehr Feuchtigkeit vorhanden, als man eben als hygroskopisches Wasser annehmen kann. Freilich ist zunächst nicht bewiesen, dass es sicher Schimmelpilze gewesen sind, welche die Zersetzung ausgeführt haben. Aber man kennt doch keine anderen Gründe für die Zerlegung als biologische, und wenn man auch in lange aufbewahrten Fettproben die Zunahme an Acidität wahrnimmt, oder das Entstehen geringer Mengen von Oxysäuren, so fehlen doch andere für spontane Selbstzersetzung des Fettes maassgebende Ursachen.

Eine reichliche Menge von Fett haben offenbar die Rieselfelder zu verarbeiten, oder der Flussboden, wenn sich die Fette absenken. Wenn man von gröberen Fettpartikelchen absieht, führt das Berliner Kanalwasser an Aetherextract (die Seifen bleiben ausser Betracht) in 10 l 0,557 g Fett. Nimmt man pro Kopf der Bevölkerung täglich auch nur 100 l Kanalflüssigkeit, was sicher zu wenig ist, an, so macht dies nicht weniger als 5,57 g Fett pro Tag aus = 1,825 kg pro Jahr. Für ein Hektar Rieselfläche kämen sonach mindestens 1,825 × 250 = 356,25 kg $= \left(\frac{356250}{10000}\right)$ 35,6 g pro 1 qm, und wenn sich das Fett bis auf 1 m Tiefe im Boden vertheilt, also auf 35,6 g pro Cubikmeter = 35,6 mg im Liter. Die chemische Arbeit, welche hierdurch den Mikroorganismen des Bodens aufgebürdet wird, ist also keine erhebliche, wenn man die kräftige Wirkung in Parallele stellt, welche selbst in trockenem Boden die Mikroorganismen zu äussern in der Lage sind.

Zersetzung des Fettes in Flüssigkeiten.

Während die Zersetzung des Fettes in dem Boden eine sehr energische genannt werden muss, zeigte sich so gut wie gar keine Wirkung, wenn man die zu den vorigen Versuchen verwendeten Bodenproben mit sterilem, destillirtem Wasser auslaugte und mit Fettzusatz stehen liess. Die Mischung mit der Flüssigkeit war naturgemäss schlecht, aber es wurden täglich die Gläschen geschüttelt und für einige Zeit wieder eine feinere

Vertheilung erreicht. Proben, die vom 15. April bis 13. Juni 1887 aufbewahrt wurden = 58 Tage, gaben keinen Verlust an Fett, statt 4,394 wurden, abzüglich der Bodenfette, 4,380 wieder gefunden. Die einzige nachzuweisende Veränderung war ein geringer Zuwachs an freien Säuren[1]).

Aehnliche Verhältnisse ergaben sich, wenn die Versuche unter Zusatz kleiner Mengen von kohlensaurem Kalk ausgeführt worden waren. Es mag bemerkt sein, dass nach etwa 19 Tagen das Fett nicht mehr obenauf schwamm, sondern mit dem Kalk zu Boden gegangen war, als krümliche, durch Schütteln leicht zu trennende Masse.

Völlig anders gestalteten sich die Zersetzungsverhältnisse, wenn reichlich Nahrungsstoffe für die Mikroorganismen vorhanden waren. Es wurde aus Fleischextract unter Wahrung einer schwach sauren Reaction eine Nährflüssigkeit hergestellt, welche zunächst steril, später mit etwas Boden inficirt wurde. Ein paar Kolben blieben ohne Fettzusatz, die andern erhielten je 4,365 g Fett zugegeben und blieben theils bei Zimmertemperatur im Laboratorium, theils bei 35—37° im Thermostaten.

Der ohne Fettzusatz gefaulte Fleischextract wurde für sich auf in Aether (mit und ohne Ansäuerung) lösliche Substanz untersucht und diese Werthe von den Ergebnissen der »Fettversuche« in Abzug gebracht.

Nach 44 Tagen war die saure Reaction des Fleischextractes in eine neutrale oder alkalische übergegangen.

Schon nach 14 Tagen war bei gewöhnlicher Temperatur nicht unerheblich verzehrt; nach 44 Tagen wurde aber erhalten:

Neutralfett	3,240	
Buttersäure etc. . .	0,052	
hochatom. Fettsäure	0,474	
	3,776	
wovon ab	0,114	für Fleischextract,
	= 3,652 g.	

1) Glycerinauszüge von Bodensorten zeigten sich ohne Wirkung hinsichtlich der Fettspaltung.

Verzehrt ist	4,365
	3,652
	0,713 g pro 44 Tage.

Eine Parallelprobe wurde nach dem Eintrocknen auf Bimsstein zur Untersuchung nach Hehner benützt und 86,93 % hochatomige Fettsäure erhalten, was mit der mittleren Zusammensetzung des von mir angewandten Butterfettes gut übereinkommt. Auch hier ist also im Wesentlichen ein gleichheitlicher Angriff auf die Triglyceride mit hohem und niedrigem Molekulargewicht erfolgt.

Die bei 35 bis 37 ° gehaltenen Proben sind nicht rasch aufgezehrt worden. Nach kurzer Zeit nimmt das Fett in den Kölbchen eine mehr krümliche Beschaffenheit an und verliert sein öliges Ansehen. Untersucht wurde nach 16, 22 und 44 Tagen.

Die letztere Versuchsperiode stimmt genau in der Zeit mit der bei niederer Temperatur ausgeführten Reihe.

Es wurde bestimmt:

Neutralfett	4,111
für flüchtige Säuren . .	0,014
» hochatom. Säuren . .	0,079
Summa	4,090
Davon ab für Nährlösung	0,114
	3,976.

Es ist demnach bei hoher Temperatur nicht mehr, sondern sogar etwas weniger als bei Stubentemperatur zersetzt worden. Die gleichen Ergebnisse hatten sich bereits früher bei Anwendung von »Boden« ergeben.

Zur Verallgemeinerung dieser Schlüsse liegt natürlich kein Grund vor, es wäre ja wohl möglich, dass andere Bodensorten sich anders verhalten.

Von der am meisten angewandten Bodenprobe habe ich Aussaaten auf Fleischwasserpeptongelatine gemacht, ferner auch von solchen Bodenproben, die mit Fettzusatz längere Zeit gestanden hatten. Von den Keimen wurde zunächst eine

Species ausgewählt, welche in allen Fällen zu dominiren schien, rein cultivirt und von dieser Cultur dann weiter verwendet.

Vorbereitet wurden Gläschen mit je 250 ccm, 1 % Fleischextract, 1 % Pepton, mit ganz schwach alkalischer Reaction. Ein Theil der Gläschen wurde je mit einer Messerspitze sterilisirten kohlensauren Kalkes versehen.

In allen Proben entwickelten sich grosse Mengen von Bacterien, in den Gläschen ohne Kalk schwimmt das Fett mit den Keimen obenauf, bei den mit Kalk versetzten Proben setzt es sich in wenigen Tagen völlig zu Boden.

Zunächst wurde in einem Controlversuch geprüft, ob auch unter diesen Bedingungen bei der angewandten Methodik alles zugesetzte Fett sich wieder finden lasse.

Von 4,358 g zugesetztem Fett wurde wieder erhalten:

als Neutralfett	4,273
durch Destillation (Buttersäure) .	0,0047
als hochatomige Fettsäure . . .	0,1460
	4,4237
ab für den Nährboden	0,031
	4,3927.

Die Uebereinstimmung ist demnach eine völlig zureichende.

Bei den inficirten Kölbchen ohne Kalk wurde nach 35 Tagen im Mittel erhalten:

als Neutralfett	4,0010	
durch Destillation	0,0489	} 0,3494.
als hochatomige Fettsäure .	0,3005	
	4,3504	
	— 0,0315	
	4,3189.	

Die Acidität der freien Säure betrug abzüglich der vor dem Versuch bereits im Fett befindlichen Säure 6,9 ccm Barytwasser.

In den Kölbchen fanden sich die zugesetzten Keime wieder, welche auf Gelatine gelblich braune, maulbeerförmige Colonien bildeten. An der Oberfläche durchgebrochen, zeigen sie sich

gelb und färben auch die Gelatine in weitem Umkreise gelb. Es sind kurze, dicke Stäbchen ohne Sporenbildung; die Gelatine zersetzen sie unter Entwickelung eines stinkenden Geruchs, ohne Verflüssigung.

Die Versuchsreihen mit kohlensauerem Kalk zeigten nach 35 Tagen folgendes Ergebnis:

Neutralfett	1,8125	
durch Destillation	0,0695	1,9910
als hochatomige Fettsäure .	1,9215	
	3,8035	
ab für Nährboden	0,0315	
	3,7720.	

Aus den Ergebnissen folgt, dass die Fettzersetzung bei Zusatz von Kalk erheblich grösser war, und dass namentlich die Fettspaltung einen ganz enormen Grad erreichen kann. Die ausgewählte Bacterienspecies war auch ohne Zweifel eine für die Fettzersetzung und Fettspaltung ungemein geeignete.

Vier Kolben, zwei mit, zwei ohne Zusatz von kohlensauerem Kalk, blieben vom 14. Mai 1887 bis 5. Juli 1888 bei Zimmertemperatur vor Licht geschützt stehen.

Die nach Jahresfrist den Kolben entnommene Flüssigkeit zeigte bei den mit kohlensauerem Kalk versetzten Proben keinen besonderen Geruch. Das Fett hatte sich nach Wochen allmählich zu Boden gesetzt; der Bodensatz war flockig, von graulichem Aussehen, zum grossen Theil aus Bacterienhäuten bestehend. Die Reaction war beim Schluss des Versuches alkalisch.

Von »Neutralfett« war vorhanden	0,4512
an gebundenen Fettsäuren . . .	1,5265
im Ganzen	1,9777
davon ab	0,0315
	1,9462.

Die Zersetzung ist demnach eine sehr weitgehende, da von 4,424 g Fett nur mehr 1,95 g als Rest gefunden wurden, und

die Spaltung hatte nahezu das ganze Fett ergriffen[1]). In der Flüssigkeit aller Kolben fanden sich noch entwickelungsfähige Keime vor. Der zugesetzte kohlensauere Kalk war völlig in fettsaueren Kalk übergegangen.

Der kohlensauere Kalk reichte aber zur Fettsäurebindung nicht mehr ganz aus; denn die 0,4512 g als Neutralfett gewogene Substanz zeigte eine sauere Reaction und brauchte 1,7 ccm Barytwasser zur Neutralisation. Hieraus würde folgen, dass nahezu $^1/_6$ der Substanz aus freien Fettsäuren bestand.

Offenbar stossen wir hier auf eine fermentartige Zerlegung der Fette; sie ausschliesslich als fermentative Zersetzung zu bezeichnen, geht nicht wohl an, es sei denn, dass diese Fermente nur wirksam bleiben, so lange nur geringe Mengen von Fettsäuren frei vorhanden sind.

Die Kolben ohne kohlensaueren Kalk enthielten einen reichlichen Bodensatz von weissen Häuten, die Flüssigkeit, völlig gelatinös, reagirte stark alkalisch und roch faulig.

Es wurde gefunden:

an Neutralfett und Fettsäure	2,8655
an Fettsäure aus Seifen . .	0,2555
	3,1210
ab	0,0315
	3,0895 g.

Trotz der alkalischen Reaction der Flüssigkeit hatte der Aetherextract starke sauere Reaction, und die obigen 2,8655 g Fett verbrauchen nicht weniger als 30,0 ccm Barytwasser zur Neutralisation. Die alkalische Reaction muss also durch Fäulnisproducte, welche mit den Fettsäuren keine Seifen bilden und doch auf Curcuma reagiren, hervorgerufen worden sein. Das Neutralfett und Fettsäuregemenge enthielt ca. 45 % an Fettsäuren.

Das Fehlen des kohlensaueren Kalkes zeigte seine Wirkung in der geringen Fettzersetzung im

1) Nur etwa 8,4 % des angewandten Fettes waren noch ungespalten.

allgemeinen, wie auch hinsichtlich der geringen Fettspaltung; vermuthlich bedingt die Beseitigung der Fettsäuren durch Bildung unlöslicher Seifen einen für das Bacterienwachsthum günstigen Einfluss. Aehnlich wie vorstehende Versuche verhielten sich die zur Controle angestellten Experimente.

Die Zersetzung des Fettes in Flüssigkeiten verläuft also günstig, wenn ausser dem Fett noch andere Bacteriennährstoffe vorhanden sind, und bestimmten Species kommt offenbar ein sehr entwickeltes Vermögen der Fettzersetzung zu. Wenn man die kleine Menge angewandter Nährflüssigkeit (150 ccm) bedenkt, so waren naturgemäss die Bedingungen der Zersetzung noch keineswegs die günstigsten. Auch der Umstand, dass das Fett von Anfang an nicht in Form einer Emulsion angewandt worden war, hat sicherlich die Raschheit des Zersetzungseffectes etwas verlangsamt und ungünstig beeinflusst. Aber die wenigen Beispiele zeigen doch die grossen Wirkungen der Bacterien auch auf das anscheinend schwer angreifbare Fett.

Weder die Trockenheit noch die Feuchtigkeit bilden ein absolutes Hindernis der Fettzersetzung.

Die Zersetzung des Fettes verläuft bei Gegenwart geeigneter Bacterien, also auch in Flüssigkeiten, sehr kräftig; meine Versuche erlauben sicherlich nicht eine Verminderung der Zersetzung bei Gegenwart von viel Wasser anzunehmen. Die Leichenwachsbildung, welche zumeist auf die Anwesenheit von viel Feuchtigkeit im Boden zurückgeführt wird, kann durch diesen Umstand allein nicht erklärt werden, da auch in den Flüssigkeiten die Fettzersetzung eintreten kann. In meinen Versuchen war allerdings der Zutritt des Sauerstoffes nicht abgeschnitten, während dieser in manchen oder vielen Fällen der Leichenwachsbildung beschränkt sein dürfte. Freilich kommt die Leichenwachsbildung auch manchmal in offenen Gewässern zur Beobachtung, in welchen es an Sauerstoff nicht mangeln dürfte.

Das Fettwachs besteht im Wesentlichen aus Kalk-, Kali-, Ammoniakseifen mit festen fetten Säuren als Beimengung. Solche Gemenge würden nach meinen Beobachtungen entstehen können, wenn eine stark spaltende Wirkung durch Bacterien

vorhanden ist und zu gleicher Zeit Basen zur theilweisen oder völligen Bindung der Säuren vorhanden sind.

Die charakteristischen äusseren Eigenschaften verliert das Fett verhältnismässig leicht. Durch Anwesenheit reichlicher Mengen von Bacterien nimmt es eine eigenartige krümliche Beschaffenheit an. Auf Rieselfeldern trifft man oft Klumpen von fettartiger Beschaffenheit, die thatsächlich als Fettreste angesehen werden und angesehen werden müssen; sie zerfallen leicht in Bröckchen. Einige Proben, welche ich untersucht habe, zeigten, dass diese Fettreste mit der Fettwachsbildung nichts zu thun haben. Ausser den fremden Beimengungen fand ich ganz überwiegend Fette und Fettsäuren und nur ganz geringe Mengen von Seifen.

Die Gegenwart von kohlensaurem Kalk bedingt auch eine baldige Veränderung der äusseren Beschaffenheit des Fettes, das Gemenge kann neben wenig Seifen noch reichlich Neutralfett einschliessen. In Flüssigkeiten entstehen lockere Niederschläge; wenn man sich diese letzteren als unter Druck stehend denkt, so werden diese Gemenge in ihren plastischen Eigenschaften dem Fettwachs recht nahe kommen.

Zur Fettwachsbildung gehört offenbar auch eine bestimmte Beschaffenheit des sich zersetzenden Materials, nämlich reichliche Anwesenheit von Fett. Daraus folgt, dass eine bestimmte Relation zwischen Eiweiss und Fett besonders günstige Bedingungen bietet. Ersteres würde für eine reichliche Entwickelung von Bacterien sorgen können, welche reichliche Fermentationswirkungen zu entfalten vermögen, aber nach Zerstörung des Eiweisses in ihrer Entwickelung gehemmt oder zum Absterben kommen, das theilweise gespaltene Fett zurücklassend. Bei Anwesenheit von reichlich Flüssigkeit und beschränkter Sauerstoffzufuhr, wie sie im Wasser allemal besteht, würde den Schimmelpilzen, deren Thätigkeit im trockenen Boden sehr wirksam sein kann, die Möglichkeit einer energischen Einwirkung entzogen und dadurch die Conservirung der Theile bewirkt.

Eigenartig ist in manchen Fällen das Auftreten von Fettwachs mitten in Muskelfasern u. dgl.; neben wohl erhaltener

Querstreifung findet sich manchmal deutliche Fettwachsbildung. Die Bilder wirken ungemein bestechend für die Annahme einer unmittelbaren Umwandlung von Eiweiss in Fett, wenn nicht etwa auch hier die anderweitige Erklärung versucht werden muss, dass Fette, die feinst vertheilt im Eiweiss liegen, mit der Zerstörung des Eiweissgerüstes sichtbar werden, und sich durch die gleiche Ursache, welche das Eiweiss zerstört, zu Fettwachs zusammenfügen.

Respirationsversuche an einer fetten Versuchsperson.

Von

Dr. **A. Schattenfroh,**

Privatdocent an der Universität in Wien.

(Aus dem hygienischen Institute der kgl. Universität in Berlin.)

Man nimmt vielfach an, dass bezüglich der Schweisssecretion und Wasserdampfabgabe grosse individuelle Verschiedenheiten vorkommen und gewiss ist diese Annahme im Allgemeinen wohl berechtigt.

Ueber die quantitativen Verhältnisse wird man aber von rein empirischen Beobachtungen kaum sichere Aufschlüsse erwarten können, weil die auf die Wasserabgabe wirkenden Einflüsse sehr complicirter Natur sind, und die Schweisssecretion im Speciellen nur einen Maassstab zur Beurtheilung des nicht verdampften Wassers liefert; das aber, was sich unsichtbar für unser Auge vollzieht, ist der wichtigere Theil des ganzen Vorgangs.

Wenn man sich die wechselnde Beschaffenheit der Haut, die ungleiche Dicke ihrer Epidermis, der Cutis, die Schwankungen im Fettpolster der Cutis und Subcutis vorstellt, so genügt dies allein schon, ungleiche Arbeitsaufgaben der Haut verständlich zu finden.

Meine Versuche, die ich auf Anregung Prof. Rubner's unternommen habe, galten der Lösung der praktisch wichtigen Aufgabe, die Bedeutung eines stark entwickelten Fettpolsters für die Wasserdampf- und Kohlensäureabgabe darzulegen.

Die bisher näher auf ihre Wasserdampfabgabe untersuchten Personen waren zwar von verschiedenem Berufe, aber doch so gut

wie alle mit recht mässigem Fettpolster ausgestattet. Die tägliche Erfahrung lehrt aber, dass ein reichliches Fettpolster unzweifelhaft ein quantitativ bedeutungsvolles Moment für die Wasserverdunstung vorstellen dürfte, indem fette Personen häufig bereits zu schwitzen beginnen, wenn magere unter der Wärme noch nicht leiden. Cramer[1]) hat Beobachtungen über die in Kleidern als Schweiss abgelagerte Wassermenge gemacht, indem er den Kochsalzgehalt frischen Schweisses bestimmte und dann die unter verschiedenen Umständen in chlorfreier Kleidung abgelagerten Kochsalzmengen quantitativ untersuchte. Die fettreiche Versuchsperson lieferte bei Bettruhe immer noch 190 ccm Schweiss am Tage, während die magere Person nur 11,4 ccm secernirte.

Diese Zahlen lassen immerhin eine bedeutende Verschiedenheit vermuthen; jedenfalls aber erscheint die nähere Untersuchung dieser Frage — sowohl mit Rücksicht auf hygienische Gesichtspunkte als auch im Hinblicke auf klinische Verhältnisse — von Werth.

Nach mehrfachen Bemühungen gelang es uns, eine geeignete Versuchsperson zu finden. Der betreffende Mann — von Beruf Schlächter, 53 Jahre alt — wog zu Beginn der Versuche nackt 94 bis 95 kg, zuletzt 98 bis 99 kg; seine Körpergrösse betrug 1,76 m.

Das spec. Gewicht der Versuchsperson wurde mittels Untertauchens in Wasser und Wägung des verdrängten Wassers genau bestimmt, soweit es innerhalb der beim Lebenden gezogenen Genauigkeitsgrenzen eben möglich ist.

Es betrug im Mittel aus zwei Bestimmungen 0,9934.

Versuchstechnik und Apparat.

Die Experimente wurden in dem Respirationsapparate des Instituts vorgenommen; die technischen Details solcher Versuche sind von anderer Seite bereits mehrfach geschildert worden.[2])

1) Archiv f. Hygiene, Bd. X, S. 257.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 32.

Indessen ergab sich doch bei meinen Experimenten eine Reihe von methodischen Erfahrungen, welche zum Theile auch zu technischen Abänderungen des Apparates führten. Ich will zunächst auf dieselben hier in Kürze eingehen.

Bisher waren die Respirationsversuche hier im Institute, soweit namentlich Experimente mit feuchter Luft in Betracht kamen, nur während der warmen Jahreszeit angestellt worden, weil in der kalten Jahreszeit durch gelegentliche Condensation von Wasserdampf leicht Fehlversuche vorkamen.

Durch äussere Umstände war ich aber genöthigt, in den Wintermonaten zu experimentiren, und unter solchen Umständen zeigte sich, dass man auch mit der Möglichkeit der Condensation in jenem Abschnitte der Theilströme zu rechnen hatte, der sonst nur selten Schwierigkeiten bereiten dürfte, nämlich in den Röhren des Einstroms, welche über den Versuchsraum weg zu den Pumpen gehen und auf solche Weise durch ihre höhere Lage — $2^1/_2$ m über dem Boden — vor zufälliger Abkühlung geschützt schienen. Die zum Theil aussergewöhnlich niedrigen Aussentemperaturen bewirkten erhebliche Abkühlung aller Theile des Apparates des Nachts, und während der Heizperiode am Tage trat weder ein völliger Ausgleich der Temperaturen, noch auch eine genügende Ueberwärmung an der Decke des Apparates ein; es erfolgte hier, wovon ich mich überzeugen konnte, wiederholt Condensation. Diesem Uebelstande war leicht abzuhelfen. Die Schwefelsäurekölbchen wurden unmittelbar an der Stelle, wo das Zuführungsrohr in den Apparat tritt, auf geeigneten kleinen Consolen aufgestellt und so die Möglichkeit geboten, die ganze Leitung gut controliren und eine etwaige zu starke Abkühlung durch Fächeln mit dem Bunsenbrenner u. a. hintanhalten und beseitigen zu können. Gleichzeitig wurden auch die Schwefelsäurekölbchen des Theilstroms der abgesaugten Luft dicht an der Entnahmstelle angebracht. Auch das Rohr für den Einstrom der Luft (Hauptstrom) musste wesentliche Aenderungen erleiden. Es hatte sich im Verlaufe der Versuche als wünschenswerth herausgestellt, die dem Kasten zugeführte Luft vorher auf eine — innerhalb gewisser Grenzen — beliebige Temperatur erwärmen

zu können. Um dies zu ermöglichen, wurde an den Kasten ein rechtwinklig gebogenes, doppelwandiges Kupferrohr angesetzt, das in seinem Innern als Luftmischer vier halbmondförmig ausgeschnittene und alternirend angebrachte Zwischenwände trug. Das freie Ende des Rohres stand mit dem übrigen Apparate, den Trocknungs- und Befeuchtungscylindern in Verbindung. Der Mantelraum dieses Ansatzstückes war stetig mit flüssigem Paraffin gefüllt. Durch passende Regulirung der untergeschobenen Gasflammen konnte man nun die Erwärmung leicht so leiten, dass die Luft von dem Punkte ihres Eintritts in das Rohrsystem an allmählich immer höhere Temperaturen annahm. Beseitigte die Vorwärmung der zugeführten Luft auf diese Weise die Möglichkeit einer Condensation im Zustrom, so gestattete diese Anordnung noch weiter, die lästige Zugempfindung, welcher die Versuchsperson bei Zuführung kalter Luft sonst ausgesetzt war, zu beheben.

Eine weitere Aenderung besteht darin, dass der Versuchskasten jetzt nicht mehr direct auf dem Fussboden des Zimmers, sondern auf einem Gestelle 0,5 m über dem Boden frei steht; hierdurch ist es möglich gemacht, ihn, wenn erwünscht, durch Gasflammen zu erwärmen, falls — etwa bei hochfeuchter Luft oder zu speciellen experimentellen Zwecken — diese Wärmezufuhr nothwendig erscheint.

Um zu erkennen, ob sich irgendwo in den Trocknungs- oder Befeuchtungsapparaten im Verlaufe des Versuchs für die einströmende Luft ein nennenswerther Widerstand eingestellt hat, befindet sich im Kasten ein mit der Aussenluft communicirendes Differentialmanometer, welches auch kleinste Unregelmässigkeiten sofort wahrnehmen lässt.

Bedeutungsvoll werden solche Widerstände, wenn Kasten- und Zimmerluft in ihrer Zusammensetzung stark von einander abweichen und in den Kastenwandungen undichte oder schlecht gedichtete Stellen sich vorfinden; durch letztere strömen dann gelegentlich ganz beträchtliche Mengen fremdartiger, nicht controlirter Luft in den Kasten und geben zu groben Irrthümern Anlass.

Die Dichtung des Kastens muss unter allen Umständen mit peinlicher Sorgfalt vorgenommen werden; man thut gut daran, von Zeit zu Zeit durch einen blinden Versuch unter absichtlich extrem gewählten Versuchsbedingungen — Einleiten von trockener Luft aus dem Freien, Anreichern der Zimmerluft mit Wasserdampf und Kohlensäure — von der Versuchstüchtigkeit des Kastens sich zu überzeugen.

Weicht die im Zimmer und damit auch zu Beginn des Versuchs im Kasten befindliche Luft in ihrer Zusammensetzung erheblich von der dem Kasten frisch zuzuführenden Luft ab, so muss, namentlich bei Versuchen von kürzerer Dauer, durch vorhergehende Ventilation der Versuchsraum mit der trockenen oder feuchten Luft gefüllt, oder die Füllung mit Stubenluft besonders in Rechnung gestellt werden.

Für meine Versuchsbedingungen habe ich mich davon überzeugt, dass bei Vernachlässigung der auseinandergesetzten Verhältnisse der Fehler höchstens 4 bis 5 g Wasser pro Stunde betragen konnte.

In manchen Fällen kann man sich aber zweckmässig einer anderen Versuchsanordnung bedienen, die es leicht ermöglicht, völlig einwandfreie Zahlen zu erhalten. Man bringt die Versuchsperson in den Kasten, dichtet letzteren rasch und leitet in schnellem Tempo bei ausgeschaltetem Theilstrom Luft von der gewünschten Zusammensetzung durch. Sobald das im Kastenraum zur Controle aufgestellte Hygrometer einen constanten Stand eingenommen, schaltet man den Theilstrom ein, trachtet, den Feuchtigkeitsgrad im Kasten constant zu erhalten und rechnet von diesem Zeitpunkte an — abgesehen von der Grösse für die Gewichtsabnahme — den Beginn des Versuches. Diese Anordnung bietet noch einen nicht zu unterschätzenden Vortheil, den, dass die Versuchsperson vor Beginn des eigentlichen Versuches stets durch 1 bis 2 Stunden unter denselben Bedingungen gehalten werden kann, und ist kaum langwieriger, da man während des Vorversuches alle Vorbereitungen — wie Wägen der Schwefelsäure-Bimssteinkölbchen, Füllen der Barytröhren, Aichen der Gasuhren etc. — bequem erledigen kann. In

Bezug auf die Rechnung ergibt sich bei der geschilderten Anordnung gegenüber der bisherigen die Correctur, dass man zum Volumen der grossen Gasuhr den Rauminhalt des Kastens nicht hinzuzählen darf. Eine einfache Erwägung erläutert dies ohne weiteres.[1])

Vor den durch eventuelle Undichtigkeiten in den Kastenwandungen verursachten Irrthümern und auch vor den eben besprochenen Fehlerquellen schützte ich mich weiter dadurch, dass ich sowohl für feuchte wie für trockene Versuche unveränderte Luft aus dem Zimmer nahm und die gewünschten Feuchtigkeitsconcentrationen der Luft im Zimmer herzustellen trachtete. Grössere Grade von Feuchtigkeit konnten leicht durch Verbrennen von Gas und Verdampfen von Wasser in grossen Schalen erzielt werden.

Für trockene Versuche erreichte ich die nöthigen Concentrationen dadurch, dass ich Thüren und Fenster offen hielt und das Zimmer stark heizte.

Für extreme Feuchtigkeitsgrade kann man freilich die Trocknungs- und Befeuchtungscylinder nicht entbehren.

Die mittlere relative Feuchtigkeit wurde als arithmetisches Mittel aus den Wasserzahlen des Einstroms und des Abstroms — bezogen auf die mittlere Kastentemperatur — berechnet.[2])

Die Kastentemperatur wurde aus viertelstündlichen Ablesungen an einem dem Auge des Beobachters gut zugänglichen Thermometer, das in der Nähe der Versuchsperson — stets auf dem gleichen Platze — aufgestellt war, als Mittel

---

1) Einmal lässt man ja den Luftraum im Kasten in demselben Feuchtigkeitszustande zurück, den er bei Beginn des Versuches aufwies, was bei den in der herkömmlichen Weise angestellten Versuchen nicht der Fall ist. Dann hat man zu bedenken, dass ja bei der neuen Versuchsanordnung in den Theilstrom pro Einheit der abgesaugten Luft ceteris paribus eine grössere Menge Wassers gelangt als bei der gewöhnlichen, weshalb die (grössere) Differenz mit einer kleineren Zahl zu multipliciren ist, um das Endresultat richtig berechnen zu lassen.

2) In jenen Versuchen, die eine fehlerhafte Wasserzahl ergeben hatten, wurde in der Tabelle die relative Feuchtigkeit der abströmenden Luft angegeben.

berechnet. Es wurde darauf geachtet, dass höchstens Schwankungen von 2° C. auftraten.

Kurz vor Beginn des Versuches entkleidete sich der Mann und mass sich mit einem Maximalthermometer die Rectaltemperatur durch 5 Minuten. Während dieser Zeit wurden seine Kleider (resp. in den »nackten« Versuchen die ihm mitgegebene schafwollene Decke, die Tücher etc.) auf einer bis auf halbe Gramme genau zeigenden Waage gewogen.

Nach Ablauf der 5 Minuten wurde der Mann völlig nackt auf einer Decimalwaage möglichst exact gewogen und betrat unmittelbar darauf — in den Kleiderversuchen selbstverständlich nach Anlegung der Kleider — den Kasten.

Nach Beendigung des Versuchs mass sich der Mann sofort wieder die Rectaltemperatur und wurde wieder nach 5 Minuten — in den Kleiderversuchen mutatis mutandis — gewogen. Wenn der Mann schweissbedeckt den Kasten verliess, so durfte er sich vor der Wägung nicht abtrocknen.

Die Versuchsdauer betrug im allgemeinen 4 Stunden; in einzelnen Fällen wurden 6stündige Versuche gemacht. In der ersten Viertelstunde des Versuchs, während deren der Kasten verklebt wurde, stand der ventilirende Motor still.

Als Wasser wurde berechnet die durch die Analyse gefundene Menge plus der Gewichtszunahme der Kleider resp. Tücher. In den Versuchen bei hoher Feuchtigkeit und Bluttemperatur wurde gelegentlich der Schweiss auch gesondert in einer Blechtasse aufgefangen.

In den Tabellen sind in einer besonderen Rubrik Zahlen für die respiratorischen Quotienten angegeben. Ich bin mir aber dessen wohl bewusst, dass die berechneten Grössen keinen Anspruch machen können, als Massstab für die jeweilige Sauerstoffaufnahme zu gelten; sie dienen nur zur gegenseitigen beiläufigen Controle der Gewichts- und Wasserzahlen. Abgesehen von den Fehlern in der Gewichtsbestimmung der Versuchsperson, den Fehlern bei der Kohlensäure- und Wasserbestimmung — Ungenauigkeiten, die sich gelegentlich addiren können — wird man auch noch aus anderen Gründen die indirecte Bestimmung der

Sauerstoffaddition, namentlich in Respirationsversuchen von kurzer Dauer, nicht als einwandfrei und sicher gelten lassen können. Wir wissen bis jetzt noch so gut wie gar nichts, welche Bedeutung dem hygroskopischen Wasser der menschlichen Haut im Versuche zukommt.

Versuchsergebnisse.

Versuche am Nackten.

Die Generaltabelle über die Versuche findet sich am Schlusse der Arbeit angeführt. Der leichteren Uebersicht wegen seien hier die Zahlen der wichtigsten aus ihnen, nach Temperatur und Feuchtigkeit geordnet, angeführt.

Tabelle I.

Versuche am Nackten bei Körperruhe, Windstille.

Temperatur	% Feuchtigkeit	g H_2O pro Std.	g verdampft. H_2O pro Std.[1])	g CO_2 pro Std.	Zunahme d. Körpertemp. ° C.	Gewichtsabnahme g pro Std.	Nr. des Versuchs
38°	17,7	248,5	—	—	+ 0,2	230,8	VIII
	19,4	212,5	—	35,4	+ 0,2	202,7	IX
	25,4	247,3	—	—	+ 0,1	245,8	VI
	26,8	224,7	—	30,2	+ 0,2	229,3	IV
	52,0	345,3	260	32,1	+ 0,15	349,3	VII
	53,6	237,0	205	37,7	+ 0,05	247,5	X
	63,0	—	195	32,4	+ 1,2	395	V
	79,9	—	190	32,9	+ 1,4	392	III
35,6°	28,9	165,5	—	28,5	—	184	I
	76,8	—	—	28,5	+ 0,1	187,5	II
30°	15,0	128,4	—	35,5	0	88,0	XIV
	17,9	98,8	—	37,5	+ 0,1	74,7	XII
	45,9	57,5	—	30,5	— 0,1	74,7	XIII
	64,7	71,9	—	32,5	+ 0,05	96	XI
25°	18,2	50,0	—	31,8	— 0,5	56,0	XXXII
	21,8	52,4	—	32,7	— 0,35	48,0	XXXI
	21,7	52,7	—	31,7	— 0,5	53,5	XXXIV
	24,0	58,6	—	30,3	— 0,6	57,4	XXXIII
	44,0	46,5	—	31,8	— 0,3	53,3	XXIX
	59,3	51,3	—	35,2	— 0,45	56,0	XXX

1) In dieser Rubrik sind Zahlen nur für jene Versuche aufgeführt, in denen nicht die Gesammtmenge producirten Wassers verdunstete.

Bei Betrachtung der Versuche will ich mit den bei Bluttemperatur ausgeführten beginnen. Ganz wider Erwarten ertrug meine Versuchsperson diese Wärmegrade mit der allergrössten Leichtigkeit durch 4 Stunden. Bei zwei Versuchen liegt nur die Zahl über die Gewichtsabnahme vor, welche aber hier bei den grossen Differenzen unbedenklich zum Vergleich herangezogen werden kann.[1]) Die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit betrugen zwischen 18 bis 80%.

Die Stundenwerthe bewegen sich zwischen 212 bis 395 g. Da meine Versuchsperson etwa 95 kg wog, so verlor sie unter den extremsten Bedingungen pro Kilogramm und Stunde ca. 4,2 g Wasser und ca. 101 g pro Kilogramm und Tag. Die Zahlen der Tabelle zeigen, nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft geordnet, unzweifelhaft die Thatsache, dass ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei Bluttemperatur die Wasserdampfausscheidung nicht herabdrückt, wie dies bei andern Versuchspersonen unter andern Bedingungen gefunden wurde. Ja, im Gegentheil: steigt die relative Feuchtigkeit über eine gewisse Grenze, so tritt unter starkem Schweissausbruch eine erhöhte Wasserdampfabgabe ein. Der Reiz, der die Schweissdrüsen zu erhöhter Thätigkeit anspornt, ist zweifellos in der schlechten Entwärmung oder in der drohenden Wärmestauung zu suchen, die bei hoher relativer Feuchtigkeit zu gewärtigen ist. Das zu geringe Aufnahmsvermögen einer hochfeuchten Luft für Wasserdampf lässt eine entsprechend rasche Abdunstung der zur Entwärmung nothwendigen Wassermenge nicht zu, und so kommt es zu Temperatursteigerungen, die den Körper veranlassen, seine Abwehrvorrichtungen bis zum Aeussersten anzustrengen. Bei trockener und mittelfeuchter Luft kann das ganze abgegebene Wasser in Dampfform den Körper verlassen, es tritt keine sichtbare Schweissbildung auf.

In feuchter Luft wurden in den 4 Stunden bis zu 800 g tropfbar flüssigen Schweisses gewogen. Die auf solche Weise eingeleitete profuse Schweisssecretion ist zweifellos eine Abwehrvorrichtung: dadurch, dass der ganze Körper mit Schweiss über-

1) In sechs Versuchen Summe der Gewichtsverluste = 1504 g, in sechs Versuchen Summe des Wassers = 1515 g.

rieselt wird, vermag die Luft sich leichter mit Wasser zu beladen. Der Effect freilich ist in hochfeuchter Luft auch kein günstiger:

In den zwei — einzigen — bei hochfeuchter Luft angestellten Versuchen trat stets eine wesentliche Temperatursteigerung ein; es wurden Erhöhungen der Rectaltemperatur um 1,2 und 1,4° C. gemessen.

Die colossalen Schweissmengen sind zweifellos überproducirt, und trotz des gegenüber dem Verhalten in trockener Luft fast um das Doppelte gesteigerten Wasservorrathes verdampft wegen des geringen Sättigungsdeficits der feuchten Luft weniger Wasser.[1])

War in den Versuchen mit warmer Luft die Feuchtigkeit nicht sehr hoch, betrug sie etwa 50%, so war der Effect der eventuell auch in diesen Fällen eingeleiteten stärkeren Schweissproduction ein wesentlich günstigerer. Das Sättigungsdeficit einer solchen Luft war ausreichend gross, eine beträchtlich grössere Menge des abgegebenen Wassers in Dampfform aufzunehmen; eine Wärmestauung trat daher auch hier ebenso wie in den Versuchen mit trockener Luft nicht ein.

Eine relative Feuchtigkeit von etwa 50% war für meine Versuchsperson anscheinend auch die Grenze nach unten für die erhöhte Schweissproduction.

Während in einem Versuche von 52,0% Feuchtigkeit pro Stunde 345,3 g Wasser abgegeben wurden, betrug die stündliche Wasserausscheidung in einem zweiten Versuche von 53,6% nur 237 g.

Ich möchte noch besonders hervorheben, dass die regulatorische Schweisssecretion, auch wenn sie anscheinend machtlos gegenüber dem Ansteigen der Körpertemperatur in feuchter Umgebungsluft ist, doch von wesentlichem Nutzen sein muss, wenn eine Aenderung der äusseren Bedingungen in dem Sinne eintritt, dass die betreffende Person in mittelfeuchte oder trockene Luft

---

1) Es braucht wohl nicht besonders betont zu werden, dass das im Respirationsversuche zur Verdampfung kommende Wasser in seiner kühlenden Eigenschaft nicht völlig dem Körper zu gute kommt, da ja auch der zum Kastenboden abgeflossene und der in den Tüchern gesammelte Schweiss theilweise weiter verdampft.

kommt; da wird die schon eingeleitete profuse Schweissbildung in kürzester Zeit bewirken, dass die Körpertemperatur zur Norm absinkt. Unser Versuchsmensch erzählte, dass er nach einem feuchtwarmen Versuche — eine halbe Stunde nach dessen Beendigung konnte ich noch eine Rectaltemperatur von 39° C. messen — durch mehrere Stunden hindurch in ruhiger Bettlage reichlichen Schweiss producirte. So stellt also die in feuchter Luft eingeleitete erhöhte Schweisssecretion wohl unter allen Umständen eine Hilfsaction des Organismus vor, die sicher bei Besserung der äusseren Bedingungen wirkungsvoll einsetzt.

Die Wärmestauung, die bei 38° und feuchter Luft eingetreten war, beruhte, wie schon auseinandergesetzt, darauf, dass die zur Entwärmung nöthige Wassermenge nicht verdunsten konnte. Eine erhöhte Wärmeproduction war offenbar in keiner Weise vorhanden. Dies ergibt sich einmal daraus, dass die Kohlensäurezahlen durchaus verhältnismässig niedrige sind, dann lässt sich weiter durch Rechnung feststellen, dass das Deficit an Wasserverdunstung in den feuchten Versuchen gerade der Temperatursteigerung entspricht.

Rechnet man die Oberfläche unserer Versuchsperson mit 2,6 qm, so müsste man schätzungsweise erwarten können, dass bei Ruhe und mittlerer Kost in 24 Stunden etwa 1189 × 2,6 Calorien an Wärmebildung anzunehmen sei. Dies ergibt eine stündliche Wärmebildung von 128,8 Calorien.

Die stündliche Wasserverdunstung in den Versuchen mit constanter Körpertemperatur war im Mittel 233 g. Durch sie konnten 233 × 0,6 = 139,8 Calorien Wärme gebunden werden. Die Wasserverdunstung in diesen Versuchen war also zweifellos völlig ausreichend, die gesammte Wärmeabgabe zu decken.

In den zwei feuchten Versuchen mit Wärmestauung war im Mittel eine Temperatursteigerung von 1,3° bei einer mittleren Wasserabgabe von 393,5 g eingetreten. Verdunstet waren im Mittel nur 192,5 g; es ergab sich demnach in diesen Versuchen ein Verdampfungsdeficit von 233 — 192,5 = 40,5 g. Hiedurch wurden 24,3 Calorien pro Stunde nicht beseitigt; in 4 Stunden ergab sich somit ein Wärmerest von 97,2 Calorien.

Eine beiläufig entsprechende Zahl erhält man auch, wenn man den Wasserwerth der Person = 95 × 0,83 = 78,85 kg mit 1,3 multiplicirt. Es ergibt sich hier eine Zunahme der Körperwärme um 102,5 Calorien.

Die bei 38° angestellten Versuche erinnern an ähnliche, von Rubner[1]) am Hunde ausgeführte, bei welchen sich trotz zunehmender Luftfeuchtigkeit keine Veränderung in der Wasserdampfausscheidung hat beobachten lassen. Bei dem Hunde stieg aber, offenbar in Folge der bedeutenden Athemarbeit, durch welche er sich des Wasserdampfs entledigte, die Gesammtwärmeproduction, was, wie erwähnt, in unseren Versuchen am Menschen fehlte.

Gehen wir nun zur Besprechung der bei **30° C.** angestellten Versuche über, so beträgt hier die Wasserabgabe im Mittel 89 g, ist also ganz beträchtlich niedriger als der Werth in den Versuchen bei Bluttemperatur anzeigt. Die Wasserzahlen der bei 35,7° C. angestellten Versuche kommen denjenigen der Bluttemperaturversuche schon ziemlich nahe.

Legt man je zwei Versuche von annähernd gleicher Feuchtigkeit zusammen, so ergibt sich für 30° bei einer Feuchtigkeit von 16,4% eine Wasserabgabe von 113,6 g, bei 55,3% Feuchtigkeit eine solche von 64,7 g. Doch möchte ich aus den wenigen Versuchen, die ich äusserer Umstände halber nicht wiederholen konnte, keine bindenden Schlüsse ziehen, umsoweniger als ich gerade im Anschluss an diese Versuchsperiode Undichtigkeiten in den Kastenwandungen beheben musste. In den Versuchen bei 30° blieb die Eigentemperatur der Versuchsperson constant.

Die nächstfolgende Gruppe von sechs Versuchen[2]) wurde bei 25° C. ausgeführt. Die Versuchsperson ertrug diese Temperatur sehr leicht und ohne zu frieren; über ihren Wunsch bekam sie jedoch eine wollene Decke mit in den Kasten, die sie sich über die Füsse und Unterschenkel legte. Wenn auch subjectiv Störungen der Wärmeöconomie nicht zu Tage traten, so

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, S. 101.

2) Eine Reihe anderer, nicht ganz vollständiger Versuche ist noch in der Generaltabelle angeführt.

bewiesen doch alle Versuche ein Absinken der Körpertemperatur um 0,3 bis 1° C.

Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die Messungen aus allen bei 25° angestellen Versuchen. (Vgl. Generaltabelle.)

Tabelle II.
Versuche bei 25°.

Relative Feuchtigkeit	Abnahme der Körpertemperatur	Mittlere Abnahme	Feuchtigkeitsmittel
13	0,35		
16	0,60		
16	0,50		
18	0,50		
22	0,35		
22	0,50	0,45	22%
23	1,00		
24	0,60		
25	0,40		
25	0,15		
30	0,25		
31	0,20		
44	0,80		
49	0,15		
55	0,15		
59	0,45	0,25	57%
60	0,10		
62	0,25		
67	0,30		

Man sieht, dass die Abnahme keine regelmässige gewesen ist; aber es geht aus den nach der Zunahme der Feuchtigkeit geordneten Versuchen doch Eines, wie ich meine, mit Bestimmtheit hervor, dass im Durchschnitt bei den unter 40% Feuchtigkeit angestellten Versuchen die mittlere Abnahme der Bluttemperatur grösser war als bei den über 40% liegenden Versuchen. Der Wärmeverlust muss also in trockener Luft grösser gewesen sein als in feuchter.

Offenbar war aber kaum mehr Wärme producirt worden, ob die Luft feucht oder trocken war. Aus einer grossen Reihe von Versuchen ergab sich als Mittel für trockene Luft (23%)

eine Kohlensäureausscheidung von 30,7 g pro Stunde, für feuchte Luft (56 %) von 31,3 g; irgend welche Schlüsse auf ungleiche Wärmeproduction dürften daher kaum berechtigt sein.

Bezüglich der Wasserdampfabgabe sprechen die vorliegenden — nicht sehr zahlreichen — Versuche kaum dafür, dass entsprechend grosse Verschiedenheiten derselben in trockener und feuchter Luft für den ungleichen Wärmeverlust herangezogen werden können. Immerhin sind kleine Differenzen vorhanden. Ich berechne als Mittel der Wasserdampfausscheidung in trockener Luft (21,4 %) **53,4 g**, in feuchter Luft (51,5 %) **48,8 g**.

Die Haut wird sich unter den gegebenen Verhältnissen jedenfalls nur in beschränktem Maasse an der Wasserabgabe betheiligt haben.

Bei 21,4 % Feuchtigkeit und 25° C. hatte die eingeathmete Luft 0,228 × 21,4 = 4,88 g Wasser pro Cubikmeter, und bei 51,5 % 11,74 g pro Cubikmeter. Unter der Annahme einer Sättigung für 37,2° mussten pro Cubikmeter Athemluft abgegeben werden:

bei 21,4 %	44,05 g
	— 4,88 g
	39,17 g.
bei 51,5 %	44,05 g
	— 11,74 g
	32,31 g.

Nimmt man das geathmete Luftvolumen pro Stunde zu rund 0,5 cbm, so würden bei trockener Luft 19,6 g und bei feuchter Luft 16,2 g Wasser pro Stunde auf die Athmung kommen.

Vielleicht kann für den stärkeren Wärmeverlust in trockener Luft eine erhöhte Abgabe durch Strahlung verantwortlich gemacht werden. Mit Rücksicht auf die bekannte Thatsache, dass in klaren Nächten die auf der Erdoberfläche befindlichen festen Körper rascher und mehr Wärme abgeben als bei bewölktem Himmel, kann an Aehnliches für den Menschen gedacht werden.

Wodurch zeichnet sich nun die fette Versuchsperson vor der mageren hinsichtlich der Wasserdampfabgabe aus?

Dies lässt sich nur erweisen, wenn die entsprechenden Parallelversuche am Mageren zur Verfügung stehen. Prof. Rubner hat mir nähere Angaben nach noch nicht veröffentlichten Versuchen über eine magere, 58 kg schwere Versuchsperson gemacht, die von Dr. Wolpert auch zu anderen Experimenten benützt worden ist.

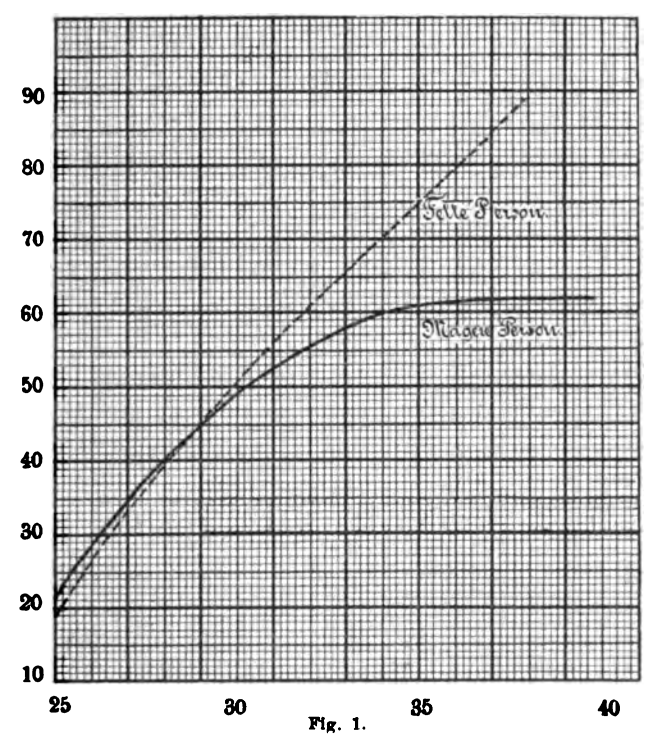


Fig. 1.

Graphische Darstellung der von der fetten und der mageren Versuchsperson bei verschiedenen Temperaturen (25—40°) abgegebenen Wassermengen (g), pro Quadratmeter Körperoberfläche und Stunde berechnet.

Der Magere wurde bei 40 % relativer Feuchtigkeit beobachtet; aus meinen Versuchen habe ich zum Vergleiche die entsprechenden Werthe ausgewählt.

Die graphische Darstellung (Fig. 1) zeigt, dass die beiden nackt untersuchten Personen zwischen 25 bis 30° C. Lufttemperatur pro Quadratmeter ihrer Körperoberfläche nicht wesentlich sich von einander unterscheiden. Erst über 30° trennen sich die beiden Curven; die der fetten Person steigt rasch an, während

die des Mageren nur langsam sich erhebt und bald in eine fast horizontale Linie ausläuft. Bei Bluttemperatur ist dann pro Quadratmeter Körperoberfläche das Verhältniss der Wasserabgabe der fetten Versuchsperson zu derjenigen der mageren Person wie:

$$\frac{233}{2,6} = 89 : \frac{112}{1,84\,^{1)}} = 61$$

oder wie 1,4 : 1.

Dem Magern dürfte es bei Bluttemperatur und extremen Feuchtigkeitsgraden der Luft leichter gelingen, sich im Wärmegleichgewicht zu halten, da für denselben zunächst die Möglichkeit besteht, seine Wasserabgabe noch weiter wesentlich zu steigern. So konnte dieselbe Versuchsperson bei 30° C. und schwerer Arbeit in leichter Kleidung 122 g pro Quadratmeter abgeben, eine Zahl, die hinter der maximalen Wasserabgabe des Fetten von $\frac{395}{2,6} = 152$ g nicht weit zurücksteht.

Der Stoffumsatz der beiden Versuchspersonen dürfte nicht nennenswerth verschieden gewesen sein, denn pro Quadratmeter Fläche lieferte der Fette 12,8 g CO_2, der Magere 13,3 g.

Versuche am Bekleideten.

Tabelle III.

Versuche am Bekleideten bei Körperruhe, Windstille.

Temperatur	% Feuchtigkeit	g H_2O pro Std.	Verdampft g H_2O pro Std.[2]	g CO_2 pro Std.	Zunahme der Körpertemp. ° C.	Gewichtsabnahme g pro Std.
20° C.	37,9	73,3	85,3	26,7	—	55,2
	40,7	108,6	108,6	27,6	—	101,3
	42,0	75,3	80,3	34,5	—	41,0
	65,0	34,1	31,6	30,0	—	40,0
Versuche am Bekleideten bei Arbeit und Ruhe.						
Ruheversuch.						
12° C.	48,2	43,6	44,0	35,1	— 0,3	45,3
Arbeitsversuch.						
12° C.	89	362,8	240,0	113,2	+ 0,35	370,5

1) So gross ist die Zahl für die Körperoberfläche der betreffenden Versuchsperson.

2) Aus der Gewichtsveränderung der Kleider berechnet.

Trotz ihres Fettreichthums wäre meine Versuchsperson kaum im Stande gewesen, unbekleidet bei niedrigeren Temperaturen Versuche zu machen, als sie thatsächlich in Anwendung kamen. Die vorliegenden Versuche am Nackten reichen gewiss auch völlig aus, einen einwandfreien Vergleich der Wirkungen von Fettreichthum und Magerkeit zu ermöglichen.

Immerhin lassen sich aus meinen Versuchen noch für zwei Fälle Vergleiche mit dem Mageren ziehen, welche wieder zeigen, dass auch beim Bekleideten und bei mittleren Temperaturen die Wasserverdunstung zu Gunsten der fettreichen Versuchsperson eine gesteigerte ist. Aus der Tabelle kann man entnehmen, dass bei Temperaturen von 12 bis 20° im Mittel 67 g Wasser ausgeschieden wurden. Die magere Versuchsperson hat in den analogen Versuchen nur 25 g im Mittel abgegeben.

Auf gleiche Flächen wieder berechnet, ergibt sich für die fette Versuchsperson eine Wasserdampfabgabe von $\frac{67}{2,6} = 26$ g, für die magere eine solche von 13,6 g.[1])

Versuche bei Arbeit.

Bei dem Fetten bedingt offenbar die Dicke des zwischen den Blutgefässmaschen abgelagerten Fettes die hohe Resistenz gegen Wärmeverluste, die man ihm vindicirt. Wir durften nun wohl annehmen, dass dieselbe Ursache, die unserer Versuchsperson die Abgabe der Wärme durch Leitung und Strahlung unter normalen Verhältnissen erschwerte, ihr auch für die Entwärmung des Körpers bei gesteigerter Wärmeproduction Schwierigkeiten bereitet. Hiefür sprechen auch wieder die

1) Lässt man in der Reihe der Kleiderversuche am Fetten Versuch Nr. 2 — der zeitlich erste in der Reihe mit einer um etwa 100% gesteigerten Wasserzahl und Gewichtsabnahme hat wohl zweifellos unter abweichenden, nicht genau controlirbaren Bedingungen stattgefunden — weg, so ergibt sich beim Fetten als Durchschnittswerth 21,8 g Wasser pro Quadratmeter. Das Verhältnis der Wasserabgabe bei der fetten und mageren Person wird dann ein ähnliches, wie ich es für die Versuche bei hoher Temperatur am Nackten berechnet habe. Es beträgt dann 1,6 : 1.

praktischen Erfahrungen an fetten Personen; doch liegen Experimente in dieser Hinsicht nicht vor.

Ich nahm daher noch Gelegenheit, auch diese Frage orientirend zu streifen; leider erlaubte mir meine Zeit nicht, die Sache weiter zu verfolgen.

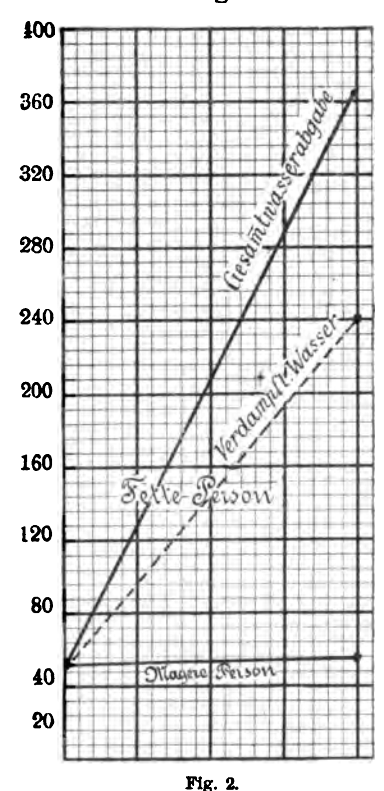


Fig. 2.
Graphische Darstellung der von der mageren und der fetten Versuchsperson pro Stunde bei Arbeit abgegebenen Wassermengen (g).

Die Versuchsperson war bekleidet und machte zuerst einen Ruheversuch bei 12° C., wobei eine Abnahme der Körpertemperatur um 0,3° eintrat. Am nächsten Tage schloss sich ein Arbeitsversuch unter Anwendung des Gärtner'schen Ergostaten an, in dem bei einer stündlichen Leistung von 15000—18000 mkg eine gewaltige Steigerung der Wasserdampfabgabe unter profuser Schweisssecretion beobachtet wurde. Die Menge des verdampften Wassers reichte nicht hin, die Eigentemperatur constant zu erhalten; es trat eine Erhöhung derselben um 0,35° ein.

Dr. Wolpert hat seinerzeit bei der mageren Versuchsperson kaum 5 g Steigerung der Wasserdampfabgabe beobachtet, bei 15000 mkg stündlicher Arbeit und 15°, also eigentlich nur so viel, als man in Folge der lebhaften Athmung im Athemwasser erwarten konnte (s. Fig. 2). Die grosse Menge mehr producirter Wärme hat also bei dem Mageren völlig durch vermehrte Strahlung und Leitung, mit anderen Worten durch Erhöhung der Hauttemperatur, die ihrerseits wieder durch vermehrte Blutcirculation erreicht war, beseitigt werden können.

Generaltabelle der am Nackten angestellten Versuche.

Versuchszahl	Mittlere relat. Feuchtigkeit %	Mittlere Kasten-temperat. ° C.	Gewichtsverlust pro Stunde in g	Wasserabgabe pro Stunde in g	Kohlensäure-abgabe pr. Std. g	Temperatur-zunahme ° C.	Respiratorischer Quotient	Gesammt-ventilation cbm	Besondere Bemerkungen
I	28,9	35,7	184	165,5	28,5	—	2,0	167	Keine sichtbare Schweisssecretion.
II	76,8	35,5	187,5	—	28,5	— 0,1	—	175	Geringe Schweisssecretion zu Beginn des Versuches.
III	79,9	38,0	395	—	32,9	+ 1,4	—	174	Enorme Schweisssecretion. Die Versuchsperson klagt nur über Hitze; Wohlbefinden nicht gestört.
IV	26,8	38,1	229,3	224,7	30,2	+ 0,2	0,9	158	Keine Schweisssecretion.
V	63,0	38,1	392	—	32,4	+ 1,2	—	156	Profuse Schweisssecretion. Versuchspers. klagt üb. Durst.
VI	25,4	38,0	245,3	247,3	—	+ 0,2	—	157	Keine Schweisssecretion.
VII	52,0	37,8	349,3	345,3	32,1	+ 0,15	0,8	169	Sehr starke Schweisssecretion. Euphorie.
VIII	17,7	38,5	230,8	248,5	—	+ 0,25	—	111	Keine Schweisssecretion.
IX	19,4	38,3	202,7	212,5	35,4	+ 0,2	0,6	121	Keine Schweisssecretion.
X	53,6	37,5	247,5	237	37,7	+ 0,05	1,0	164	Mässig starke Schweisssecretion.
XI	64,7	30,6	96,0	71,9	32,5	+ 0,05	2,8	150	Keine Schweisssecretion. Versuchsperson fühlt sich ausserordentlich behaglich.
XII	17,9	30,4	74,7	98,8	37,5	0	0,44	135	
XIII	45,9	30,5	74,7	57,5	30,5	+ 0,1	1,7	143	Die Wasserzahlen können, wie schon erwähnt, nicht als völlig sicher gelten.
XIV	15,0	30,7	88,0	128,4	35,5	— 0,1	0,34	145	
XV	55,3	24,9	48,0	—	27,1	— 0,15	—	147,5	(Siehe die Bemerkungen von Versuch XIX—XXIV.)
XVI	25,4	24,9	48,0	—	—	— 0,15	—	147,0	
XVII	31,0	24,2	50,7	—	25,9	— 0,2	—	112	
XVIII	24,9	24,9	50,7	—	33,5	— 0,4	—	128	

Fortsetzung der Generaltabelle.

Versuchszahl	Mittlere relat. Feuchtigkeit %	Mittlere Kasten-temperat. ° C.	Gewichtsverlust pro Stunde in g	Wasserabgabe pro Stunde in g	Kohlensäure-abgabe pr. Std. g	Temperatur-zunahme ° C.	Respiratorischer Quotient	Gesammt-ventilation cbm	Besondere Bemerkungen
XIX	16,0	24,8	56,0	—	—	— 0,6	—	156	Versuche einer Serie. Die Wasserdampfbestimmungen und einige Kohlensäurebestimmungen sind später als sicher falsch erkannt, daher hier weggelassen worden. Die Versuchsperson klagte nur in vereinzelten Fällen über Kältegefühle in den Beinen. Gewicht der Versuchsperson 95—96 kg.
XX	12,7	25,4	53,3	—	—	— 0,35	—	145	
XXI	30,1	25,5	50,0	—	30,5	— 0,25	—	170	
XXII	49,0	25,4	50,0	—	27,4	— 0,15	—	159	
XXIII	23,1	24,9	57,5	—	26,2	— 1,0	—	139	
XXIV	62,0	25,5	50,0	—	—	— 0,25	—	151	
XXV	48,2	21,4	50,0	—	34,7	—	—	126	
XXVI	67,0	24,3	56,0	—	29	— 0,3	—	131	Versuche einer späteren Serie. Gewicht der Versuchsperson 98—99 kg.
XXVII	60,0	24,5	48,0	—	37,6	— 0,1	—	119	
XXVIII	15,9	24,7	56,0	—	33,9	— 0,5	—	111	
XXIX	44,0	24,8	53,3	46,5	31,8	— 0,3	0,9	111	
XXX	59,3	23,2	56,0	51,3	35,2	— 0,45	0,8	108	
XXXI	21,8	24,8	48,0	52,4	32,7	— 0,35	0,6	129	
XXXII	18,2	24,9	56,0	50,0	31,8	— 0,5	0,9	132	
XXXIII	24,0	24,6	57,4	58,6	30,3	— 0,6	0,7	104	In diesen beiden letzten 6stündigen Versuchen wurde der Theilstrom erst nach 2 Stunden eingeschaltet.
XXXIV	21,7	24,8	53,5	52,7	31,7	— 0,5	0,7	112	

Bei dem Fetten ist dieses letztere Mittel demnach minder leistungsfähig. Dies kann darauf beruhen, dass mit Fettreichthum häufig Blutarmuth verbunden ist, oder darin begründet sein, dass die vor den Gefässen vorgelagerten Fettschichten aus rein physikalischen Gründen ein Hindernis für die Entwärmung sind. Die Schweisssecretion muss demnach vicariirend für den mangelhaft functionirenden Blutstrom eintreten.

Bestätigten sich auch an andern Personen die hier niedergelegten Versuchsergebnisse, so ginge aus den unter verschiedenen Bedingungen studirten Verhältnissen der Wasserausscheidung des Fetten hervor, dass in den meisten Lagen des täglichen Lebens der Fette einer grösseren Wasserzufuhr bedarf als der Magere, was leicht Veranlassung zu habituellem Genuss übergrosser Flüssigkeitsmengen und namentlich zu Missbrauch alkoholischer Getränke führen kann.

Ein gelegentlicher, durch Inhalation übertragbarer Erreger der Lungenentzündung bei Meerschweinchen, Bacillus pulmonum glutinosus.

Von

Dr. **Erich Martini**,
Marinestabsarzt.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

(Mit Tafel I.)

Im Laufe des Winters 1899/1900 verendeten von den Meerschweinchen des hygienischen Instituts zwei, die im Herbst 1899 mit tuberkulöser Milch intraperitoneal geimpft waren, an lobärer Lungenentzündung, deren Hepatisation nicht so compakt wie bei der genuinen war und auf dem Durchschnitt eine glattere Fläche bot, als sie sonst bei fibrinöser Lungenentzündung gefunden wird. Die Brüchigkeit des hepatisirten Gewebes war die gleiche wie bei letzterer. Bei dem ersten Meerschweinchen, das am 29. Januar 1900 fiel, waren der linke Oberlappen und der rechte Mittellappen, bei dem zweiten, das am 28. Februar 1900 starb, beide Oberlappen befallen; von tuberkulösen Anzeichen fand sich nichts. Von beiden Thieren wurden erkrankte Lungentheile unter den üblichen Cautelen entnommen und zwischen ausgeglühten Skalpellen zerquetscht. Mit dem zerquetschten Material wurden Ausstriche auf Löffler's Blutserum und einfachem Blutserum gemacht. Die Serumröhrchen wurden in den Brutschrank von 37 °C. gestellt. Nach 24 Stunden hatten sich Colonien in Gestalt feinster, glasheller Tröpfchen von etwa $^1/_5$ bis $^1/_2$ mm Durchmesser gebildet, die sich dicht

aneinander über die ganze Ausstrichstelle erstreckten. Bei Entnahme einer Spur mittels Platinöse zeigte sich fadenziehende Consistenz. Die Untersuchung im hängenden Tropfen ergab zahlreiche kurze, dicke, sehr bewegliche Stäbchen; sie hingen zuweilen in Ketten zu zwei bis sechs zusammen und machten dann durch Curvenbewegungen fast den Eindruck von Spirillen. Die einzelnen Kurzstäbchen hatten eine Länge von etwa 1 bis 1,5 μ und eine Breite von 0,5 bis 0,7 μ.

Mittels der Löffler'schen Geissel-Färbung wurden Kapseln und Geisselfäden dargestellt; die einzelnen Zellen führten meist zwei bis vier Geisseln, seltener nur eine (wobei wahrscheinlich ein Abbrechen der übrigen anzunehmen war) und noch seltener mehr als vier Geisselfäden; dieselben standen, etwa 4 μ lang und verhältnismässig dick, wenn in Mehrzahl vorhanden, peritrichär, sonst unregelmässig vertheilt (siehe Tafel I Fig. 1).

Während der weiteren Beobachtung des Mikroorganismus ergaben sich die folgenden Einzelheiten:

Er wächst auf den bekannten Nährböden.

Dabei gedeiht er nur kümmerlich auf Gelatine. In 24 bis 48 Stunden erscheinen seine Colonien auf der Platte. Flach, dicht stehend, mit blossem Auge kaum sichtbare Pünktchen bildend, nehmen sie sich wie feiner Staub auf dem Nährboden aus. Bei schwacher Vergrösserung (Leitz Nr. 3) erscheinen die einzelnen Colonien rund, glattrandig, bräunlich und im Centrum leicht gekörnt. Ein weiteres Wachsthum der Colonien findet in den folgenden Tagen nicht statt. Verflüssigung fehlt. Fig. 2 zeigt ein Klatschpräparat von der 6 Tage alten Gelatineplatte bei 1000 facher Vergrösserung.

Im Gelatine-Impfstich geschieht das Hauptwachsthum an der Oberfläche der Gelatine in Gestalt eines zähen, milchweissen Belages.

Das Gleiche zeigt sich beim Stich in Traubenzucker-Gelatine. Eine Zersetzung des Traubenzuckers tritt nicht ein.

Milch wird durch den Bacillus nicht zum Gerinnen gebracht.

In Bouillon und in Peptonwasser bewirkt er eine gleichmässige milchige Trübung. Indolbildung verursacht er nicht.

Auf Agar-Agar wächst er im Ausstrich als milchweisser, rahmähnlicher Belag, ebenso auf Joos'schem Nährboden, Glycerin-Agar und Eucasin-Agar. In den Platten dieser Nährböden wächst er zu grösseren Colonien aus, auf Agar bis zu hirsekorngrossen, auf Eucasin-Agar bis zu hanfkorngrossen, bräunlichweissen Herden.

Ueppiger noch als auf Eucasin-Agar gedeiht der Mikroorganismus auf der Kartoffel; er bildet hier bräunlichgelbe, honigartige, bis zu $^1/_2$ mm dicke Beläge, in deren Umgebung auf der Kartoffel nach etwa 8 bis 14 Tagen leichte Bläuung eintritt.

Das Temperatur-Optimum liegt zwischen 35° bis 37° C.

Sporenbildung kommt bei dem Bacillus nicht vor.

Er färbt sich nicht nach der Gram'schen Methode.

Seine Färbung in Lungenschnitten ist seither nicht gelungen.

Impfversuche wurden gemacht an Kaninchen, Meerschweinchen, weissen Mäusen und Tauben.

Die subcutane Verimpfung brachte keinerlei weitere Erscheinungen hervor, als bei einem Meerschweinchen ein Infiltrat der Umgebung der Impfstelle, aus dem sich in 18 Tagen ein etwa linsengrosser Abscess entwickelte, in dem die Bacillen wieder gefunden wurden. Desgleichen hatten Fütterungsversuche, intraperitoneale Impfungen von Meerschweinchen, intravenöse von Kaninchen, intramuskuläre von Tauben keinen die Pathogenität auch nur wahrscheinlich machenden Erfolg.

Erst mit unmittelbarer intrapulmonaler Einspritzung von Cultur gelang es, bei einer ganzen Anzahl von Meerschweinchen eine den Erkrankungen der eingangs erwähnten Thiere ähnliche, doppelseitige, schwere Lungenentzündung zu erzielen, eine Wirkung, die durch saprophytische Bacterien, z. B. Bacillus prodigiosus und Bacillus subtilis, selbst bei sechsmal so grosser Culturdosis, als sie von dem besprochenen Bacillus nöthig war, sich nicht erreichen liess. Die hierzu erforderliche Dosis des letzteren betrug etwa 1 mg Cultur, in 1 ccm steriler Bouillon aufgeschwemmt, während Injectionen von Culturspuren, in derselben und in grösseren Flüssigkeitsmengen, ebenso

auch die Injectionen von grossen Dosen von Bacillus prodigiosus oder subtilis den Thieren kaum nennenswerthes Unbehagen verursachten. Die Injectionen wurden mit feinster Hohlnadel etwa in Gegend der dritten rechten Rippe zwischen vorderer und hinterer Achsellinie ausgeführt. Die Thiere zeigten sich danach zunächst nicht sonderlich angegriffen; sie liefen wie sonst umher und frassen wie vorher. Erst am folgenden Tage traten Krankheitserscheinungen auf. Die Thiere kauerten, zitternd und das Fell sträubend, in einer Ecke; waren zwei in einem Käfig geimpft, so krochen sie dicht zusammen; die Fresslust nahm fast ganz ab. Die Athmung war angestrengt, die Athemzüge schwer und ruckweise. Am dritten oder vierten Tage verendeten die Thiere. Die Section ergab alsdann in den einzelnen Lappen beider Lungen grössere rothhepatisirte Herde; bei der Schwimmprobe sank meist einer oder der andere Lappen alsbald ganz unter. Mässiger seröser oder blutig-seröser Erguss bestand in den Brustfellsäcken. Im Saft, der aus den hepatisirten, meist unmittelbar nach dem Tode entnommenen Lungentheilen ausgepresst wurde, liessen sich bei Beobachtung im hängenden Tropfen kurze, sehr bewegliche Bacterien finden, welche durch Züchtung auf den Nährböden und durch Geisselfärbung als gleichartig mit den eingeimpften festgestellt wurden.

Die ersten Inhalationsversuche, mit ziemlich groben Versprühungen von Bouilloncultur bei Meerschweinchen und weissen Mäusen vorgenommen, hatten gar keine krankmachende Wirkung. Eine solche liess sich erst bei Inhalationen mit dem ausserordentlich fein versprühenden Zerstäuber »Paroleine« der Firma Burroughs, Wellcome & Co. hervorrufen. Zwei Meerschweinchen, unter eine Glasglocke gesetzt, wurden innerhalb einer Woche am 1., 2., 5., 6. und 7. Tage etwa 4mal je eine halbe Stunde einer Besprühung mit Aufschwemmung des Bacillus in Bouillon, destillirtem Wasser oder physiologischer Kochsalzlösung ausgesetzt. Eines der Meerschweinchen erkrankte während des vierten Besprühungstages mit den oben geschilderten Symptomen. Am achten Beobachtungstage wurde es durch Schlag auf den Kopf getödtet. Das andere blieb gesund.

Bei einem zweiten Versuch mit zwei Meerschweinchen wurde ausschliesslich Aufschwemmung von einen Tag alter Cultur in physiologischer Kochsalzlösung verwendet. Diesmal erkrankte das eine bereits am Morgen, das andere im Laufe des zweiten Besprühungstages unter den erwähnten Erscheinungen. Am Tage darauf wurden beide getödtet. An dem zuerst getödteten und einem der letzteren ergaben sich bei der Section in beiden Lungen mehrere, etwa linsen- bis erbsengrosse Herde rother Hepatisation mit einfacher Hyperämie in der Nachbarschaft, welche sich zu den gesunden Stellen der Lunge hin erstreckte; es handelte sich um Herde lobulärer oder noch im Fortschritt begriffener lobärer Lungenentzündung. Bei dem zweiten der beiden zuletzt getödteten hingegen bestand ausgesprochene lobäre Lungenentzündung beider Oberlappen und des rechten Mittellappens von derselben Beschaffenheit, wie sie bei den beiden in der Einleitung genannten Meerschweinchen am 29. Januar bzw. 28. Februar 1900 gefunden wurde.

Auch in diesen drei Fällen wurden aus den hepatisirten Herden — sie wurden unmittelbar nach dem Tode der Untersuchung unterworfen — Bacterien, die den eingeathmeten in Beweglichkeit, Form, Wachsthums- und Färbungseigenschaften völlig gleich waren, wie in obiger Weise festgestellt, in einem der Fälle, der während des Lebens die schwersten Symptome bot, ausserdem noch aus dem Blute des rechten Ventrikels.

Hinsichtlich der Geisselfärbung verdient dabei hervorgehoben zu werden, dass sie ohne jegliche Flammentrocknung des Deckglasausstriches gelingt; die zähe, klebrige Substanz der Kapsel scheint schon in wenigen Minuten nach der Lufttrocknung ein so festes Anhaften der Keime zu bewirken, dass sie beim Abspülen nicht mehr fortgeschwemmt werden. Diese zähe, glutinöse Beschaffenheit lässt sich schon bei der Entnahme einer Spur von der Colonie, wie oben betont, erkennen. Deshalb ist ein Fortlassen der Flammentrocknung bei Culturen mit obiger Eigenschaft nur zu empfehlen; es ist immerhin eine Verletzung der Geisseln weniger, deren Unterlassen namentlich für den Anfänger im Färben dieser zarten Gebilde von Wichtigkeit ist.

Zum Schluss sei erwähnt, dass der Bacillus von dem ebenfalls sehr beweglichen Bacillus pneumonicus agilis (Schou, H. Neumann, Flügge[1]) verschieden ist; während letzterer vornehmlich für Kaninchen pathogen ist, konnte mit obigem nicht einmal durch intrapulmonale Injection eine nachweisliche Lungenerkrankung bei Kaninchen hervorgerufen werden. Auch der gleichfalls bewegliche Bacillus pneumosepticus (Klein[2]) ist nicht mit ihm zu identificiren; er unterscheidet sich durch Polfärbung und seine Pathogenität für Mäuse von ihm.

Meinem Bacillus gebe ich seiner charakteristischen Eigenschaften wegen den Namen »Bacillus pulmonum glutinosus«.

Für die Herstellung der Photogramme sage ich Herrn Professor Dr. Günther auch an dieser Stelle meinen Dank.

1) Zeitschrift für klin. Medicin, Bd. XIII, 1887, Heft 1, Sep.-Abdr., und Flügge, Die Mikroorganismen, 1896, S. 287.

2) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, V. Bd., S. 625. Ein Beitrag zur Aetiologie der kroupösen Pneumonie von E. Klein in London.

Ueber die Anpassungsfähigkeit des Menschen an hohe und niedrige Lufttemperaturen.

Von

Max Rubner.

Unter dem Begriff Klima versteht man die specifischen Wirkungen von vielerlei Momenten; ihre Einflüsse aber sind keine biologischen Constanten, wie man sich vielfach vorgestellt hat, keine Constanten in dem Sinne, dass sie immer in gleicher Art auf den Menschen wirken, sondern, wie namentlich aus den Untersuchungen meines Laboratoriums hervorgegangen ist, variirt die Wirkung der Witterungsfaktoren ganz erheblich nach den physiologischen Zuständen des Menschen.

Soweit bei den klimatischen Vorgängen biologische Rückwirkungen in Betracht kommen, vereinigen sich Luftwärme, Luftbewegung, Feuchtigkeit, Strahlung alle in einem gewissen calorimetrischen Effect, demgegenüber der Körper mittels der Haut als Zwischenglied, auch mittels des Stoffumsatzes eine Abwehr trifft; zu beiden gesellen sich die Kampfesmittel, mit denen die Cultur den Menschen ausgerüstet hat. Der Kampf mit dem Klima lässt sein Spiegelbild in dem Zustande der Wärmebilanz und Wärmeokonomie des Menschen wiedererkennen.

Gesund erhält sich der Körper nur dann, wenn er alle seine normalen Functionen jederzeit richtig entfalten kann; zum normalen Leben gehört unter allen Umständen die Uebungsfähigkeit der Organe und unter diesen will auch das Muskelsystem

entsprechend berücksichtigt sein. Beweglichkeit und Leistungsfähigkeit können nicht allein die Grundlage des Erwerbes im täglichen Leben bilden, der Bewegungstrieb, der Arbeitstrieb ist etwas Förderliches im Leben, auch wenn er nicht direct dem Gewinne des Unterhalts dient.

Klimatische Einflüsse ziehen diesem normalen Arbeitstrieb gewisse Grenzen; die körperliche Leistungsfähigkeit ist ein wichtiger Begriff, den wir als eine Function des Klimas auffassen müssen. Wie sehr ihn mitunter äussere Verhältnisse einschränken, habe ich durch eingehende Untersuchungen über die Muskelarbeit näher prüfen lassen.

Weit wichtiger aber als hinsichtlich anderer physiologischer Functionen ist die »Individualität« in thermischer Hinsicht, wie an einem typischen Beispiel der vorstehend mitgetheilten Untersuchungen von Schattenfroh gezeigt wurde.

Im Nachfolgenden soll untersucht werden, inwieweit und mit welchen Mitteln der Hitze und der Kälte ohne Schaden Widerstand geleistet werden kann.

Einfluss wechselnder Temperaturen auf den leicht bekleideten Menschen.

Wenn man den Einfluss wechselnder Temperaturen auf den Menschen studiren will, stösst man bei niederen wie bei hohen Temperaturen auf die grössten Schwierigkeiten, indem Kälte und Wärme schlecht ertragen wird. Namentlich gegen Kälte sind nach meiner Erfahrung die Versuchspersonen ungemein ablehnend, und es ist schwer, gerade im Experiment oft solche Bedingungen zu wählen, denen der Mensch im Kampf mit der Witterung jedes Jahr entgegentreten muss. Aehnlich verhält es sich bei hohen Temperaturen, auch hier stösst man unter Bedingungen, wie sie bei uns in jedem Hochsommer des öfteren eintreten, im Experiment auf Schwierigkeiten.

Indess, es gibt Personen, welche ausserordentlich grosse Temperaturdifferenzen zu ertragen vermögen; eine solche hat uns zu ausgedehnten Versuchsreihen gedient.

Die Experimente wurden zumeist sechsstündig ausgeführt, bei sehr exceptionellen Bedingungen auch wohl nur vierstündig. Die Versuchsperson befand sich in unserem Respirationsapparat, also in annähernd ruhender Luft und bei mittlerer Feuchtigkeit, die auf etwa 40% regulirt wurde.

Die Bekleidung war in den nachstehend angegebenen Versuchen allemal die gleiche. Es wogen:

das Hemd . .	375 g
die Unterhose .	210 »
die Jacke . .	508 »
die Weste . .	360 »
die hohe Weste	601 »
die Strümpfe .	154 »
die Pantoffeln .	193 »
	2401 g

Im Durchschnitt war sie 2,06 mm dick, von 0,065 Flächengewicht — wenn man von der Fussbekleidung absieht —, und hatte rund 0,26 spec. Gewicht.

Wie ich früher eingehend nachgewiesen habe, hat die Art der Ernährung beim Thiere einen sehr grossen Einfluss auf die Wasserdampfausscheidung, unter Umständen auch auf die Wärmeproduction selbst. Für den Menschen sind die Verhältnisse nicht nachgeprüft, aber wir können erwarten, dass sich Aehnliches wie bei anderen Warmblütern finden werde. Mit Rücksicht hierauf habe ich in allen die Frage der Wasserverdampfung berührenden Experimenten meines Laboratoriums eine gleichartige Diät innehalten lassen. Die Ernährung entsprach im ganzen gemischter Kost nach freier Wahl; in der den Versuch beeinflussenden Zeit wurde bestimmte Kost gereicht.

Die Ernährung war so geregelt, dass der Versuch 2—3 Stunden nach dem Frühstück begann. Letzteres bestand aus 75 g Schinken, 65 g Weissbrot und 400 ccm Bier.

Vor und nach dem Versuche wurde die Person gewogen. Es ist gelungen, die Beobachtungen zwischen 2° bis 40° C.

anzustellen[1]), meines Wissens das weiteste Temperaturintervall, welches bis jetzt an einer Versuchsperson untersucht worden ist. Die Zahlen sind zum Theil schon an anderer Stelle mitgetheilt worden[2]).

Tabelle I.
Person Br., 58 kg (Winter).
(Sommerkleidung.)

Temperatur	CO_2 g pro Stunde	H_2O g pro Stunde
2	29,8	37
10—15	25,1	28
15—20	24,1	19
20—25	25,0	23
25—30	25,3	43
30—35	23,7	84
35—40	21,2	112

Die Ertragbarkeit hoher und niedriger Temperaturen ist eine ungemein grosse und umfasst hier volle 38° für dieselbe Bekleidungsweise. Allerdings sind die erregten Empfindungen nicht immer behagliche und normale gewesen, aber sie wurden von uns Allen ohne jeglichen Schaden für die Gesundheit ertragen. Für gewöhnlich hält man die Einwirkung starker Kälte und hoher Hitze für etwas ungemein Gefährliches und zwar bis zu einem gewissen Grade mit Recht. Auch wir haben uns nur ganz

1) Die Kleidung ist eingehend untersucht, es hatte:

	Dicke		Flächengewicht
das Hemd	0,97	mm	0,0185 g
die Unterhose . .	1,14 —1,18	»	0,0202
die Jacke	0,625—0,650	»	0,0198
das Futter a . . .	0,595—0,610	»	0,014
(Aermel) b . . .	0,355—0,365	»	0,0096
die Weste	1,585—1,610	»	0,0516
das Futter	0,464	»	0,013
die Hose	1,075	»	0,036
Wollstrümpfe . . .	3,0—3,1	»	0,058
Pantoffeln (Sohle) .	12	»	0,44
» (oben) .	4,00	»	0,096.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XXXIII, S. 206.

allmählich entschlossen, schrittweise die Versuchsbedingungen zu variiren, nachdem wir gesehen, dass durch allmähliche Gewöhnung Vieles, was anfänglich unerreichbar schien, erzielt werden kann.

Die Empfindungen waren schon von etwa 15° ab keine normalen; die Person hatte von hier ab bereits unter starkem Frostgefühl zu leiden. Auch bei dem Arbeiten mit dem Respirationsapparate empfindet man das Ungelenksein der Hände recht unangenehm. Bei 2° Wärme machte sich bei der Versuchsperson häufig Kälteschauer bemerklich und starkes Kältegefühl in den Beinen und Händen. Eine Erkältung ist aber niemals trotz dieser niedrigen Temperaturgrade eingetreten; wir schreiben dies der allmählichen Accommodation, die durch rationelle Anordnung der Versuche erleichtert wurde, zu.

Zwischen 15° und 26°, oder sogar noch etwas höher, befindet sich der Mensch bei angemessener Wärme, das Behaglichkeitsgefühl liegt näher dieser oberen als der unteren Grenze.

Wird die Temperatur von 26° überschritten, so kommt es zu steigendem Wärmegefühl und schliesslich zu Hitzegefühl. Aber selbst bei Bluttemperatur war eine bedrohliche Wirkung nicht im Mindesten wahrzunehmen, was sich auch in der höchst geringfügigen Aenderung der Bluttemperatur ausprägte.

Die gleichmässige Ruhe, wie sie die Versuchsperson bei Kälte erzielt, kommt nur unter gewaltiger Willensanstrengung zu Stande. Kein in seinen Handlungen freier Mensch erträgt die Kälte in absoluter Ruhe, sondern er macht sich zu schaffen, um eine Mehrproduction an Wärme und die Vermehrung der Hautdurchblutung zu erhalten.

Welche Folgen sich ergäben, wenn man sich absichtlicherweise längere Zeit den niedrigen Temperaturen aussetzen wollte, oder sich persönlich aussetzen müsste, liegt auf der Hand. Warum schliesslich unser Widerstand in ruhigem Ertrage der Kälte erlahmt, liegt wohl an dem Kälteschmerz, zu dem es kommt, den man eben nur gemessene Zeit ertragen und überwinden kann, vielleicht aber auch daran, dass allmählich die Hautgefässcontraction gegen die zunehmende Abkühlung insufficient wird.

Die starke Erniedrigung der Lufttemperatur würde aber einer mehrtägigen Durchführung von Versuchen nach unserer Erfahrung aus einem weiteren Grunde ein Hindernis setzen. Man findet in der Literatur gar oft die Angabe über die schlaffördernde Wirkung der Kälte. In dieser allgemeinen Form ausgesprochen ist diese Behauptung ganz gewiss unrichtig. Wir haben mehrfach beobachtet, dass kühle Temperaturen von 12 bis 14° in leichter Bekleidung — also ohne jede weitere Bedeckung und beim Liegen auf einfacher Matratze — den richtigen Schlaf nicht zu Stande kommen lassen. Die Personen erwachen häufig, geweckt durch Kälteempfindung, bald von diesem, bald von jenem Körpertheil ausgehend.

Die einschläfernde Wirkung der Kälte macht sich erst unter Umständen, wenn die Körpertemperatur erheblich sinkt, geltend. Diese Zustände würden zur Folge haben, dass zwar die Wasserdampfabgabe sich wenig oder gar nicht änderte, dagegen erheblich der Gesammtumsatz an Stoffen. Tritt schliesslich in allmählicher Erschöpfung der Schlaf ein, so würde sicherlich ein abnormes Sinken der Eigentemperatur nicht mehr gehindert werden können. Ist das Gefühl von Wärme vorherrschend, so pflegt der Schlaf ein behaglicher zu sein, und dies tritt selbst bei sehr hohen Temperaturen noch in die Erscheinung, wenn nur die Feuchtigkeit der Luft abnorme Werthe nicht erreicht.

Die in den Versuchen beobachtete grosse Accommodationsbreite für den genährten, ruhenden, wachenden Menschen gilt nur für die von uns gewählten mittleren Feuchtigkeitsgrade. Wie sehr die Accommodationsbreite durch die Feuchtigkeit, namentlich bei verschiedenen Arbeitsgrössen, leiden kann, ist durch anderweitige Untersuchungen in meinem Laboratorium nachgewiesen worden.[1])

Die hohe Temperatur von 40° wurde ohne nennenswerthe Schwierigkeit ertragen; doch besteht sehr leicht bei dieser Temperatur Schlafneigung, die sich aber immerhin überwinden lässt.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XXXVI, S. 203.

40° Lufttemperatur kommt zwar in unseren Breiten nicht vor, wohl aber in den Tropen, im Landklima zeitweise, glücklicher Weise fast immer vergesellschaftet mit niedrigen Feuchtigkeitsgraden. In Indien, z. B. in Lahore, Agra, Peshawar, kommen absolute Maxima von 48,3° bis 49,1° zur Beobachtung. In der heissen Zeit sinken aber selbst die Monatsmittel der relativen Feuchtigkeit auf 30 bis 40% herab. Dies können nach unseren Erfahrungen am Respirationsapparat erträglichere Zustände sein, als wenn in einem Seeklima, wie auf Manila und den Philippinen, im September und November bei nur 26° 84% Feuchtigkeit gemessen werden.

24° Temperatur und 96% relative Feuchtigkeit ist auch im Ruhezustande auf die Dauer unerträglich. 26° und etwa 60% Feuchtigkeit werden bei uns in leichter Sommerkleidung meist unter starkem Schwitzen als hochwarm, erschlaffend und arbeitslähmend befunden.

Die Wirkungen der hohen und niedrigen Temperatur gehen also an dem ruhenden Erwachsenen nicht spurlos vorüber, sie äussern auf seinen Umsatz, vor allem aber hinsichtlich der Art der Entwärmung, einen ausserordentlich grossen Einfluss, namentlich aber treten wichtige functionelle Aenderungen ein, welche, wenn sie dauernd würden, eine gewaltige Umwälzung in den täglichen Gewohnheiten herbeiführen würden. Bei hoher Temperatur tritt eine völlige Erlahmung und Bewegungsunlust ein, die Arbeitsleistung ist auch mit Gefahren der Ueberwärmung des Blutes verbunden. Bei niederer Temperatur entfällt der beruhigende und erfrischende Schlaf und die Gefährdung der Wärmebilanz kann auch hier ernste Bedenken erzeugen.

Es ist hier am Platze, auch der Kohlensäureausscheidung zu gedenken; die gleichheitliche Ernährungsweise, welche wir gewählt haben, würde an sich zu der Annahme berechtigen, dass eine Aenderung der Qualität der Zersetzung von Belang nicht eingetreten sein konnte, weshalb die Kohlensäureausscheidung eines vielstündigen Versuches zu einem Maass der Zersetzungsvorgänge wird. Zahlreiche andere Versuche anderer Autoren wie eigene, mittels des Zuntz'schen Apparates angestellte, haben

auch das Gleichbleiben des respiratorischen Quotienten unter unseren Versuchsbedingungen dargethan.

Eine nähere Betrachtung der Kohlensäureausscheidung lehrt Folgendes:

Ihr Maximum liegt bei 2° mit 29,8, ihr Minimum bei 40° mit 21,2 g CO_2. Für 38° Schwankung fiel die CO_2 um 28,8 %, für 1° also um 0,75 %, der entsprechende Werth für sinkende Temperatur ist + 1,36 %. Eine Erhöhung der Zersetzung durch die kühle Temperatur wäre demnach nicht zu verkennen.

Allerdings existirt ein bedeutendes Temperaturintervall von 15 bis gegen 30°, innerhalb dessen die Temperatur ganz ohne Wirkung scheint. Die Person Br. hat gefroren, als die Kohlensäure noch nicht stieg, noch stärker war der Frost, als die Kohlensäure den erheblichen Anwachs bis 29,8° zeigte. Den letzteren nur auf die zitternden Bewegungen zu setzen, begegnet insoferne Bedenken, als ich vielfach eine Aenderung der Kohlensäureausscheidung trotz Zitterns ganz vermisst habe.

Unsere Experimente erinnern in ihren Ergebnissen durchaus an die vor vielen Jahren von Voit angegebenen, nur fussten die letzteren auf wenigen Einzelversuchen, während für unsere Person fast für jeden Temperaturgrad ein besonderes Experiment vorliegt.

Bei hohen Temperaturen kann trotz alles thermischen Missbehagens jede Aenderung der Kohlensäureausscheidung fehlen bezw. sogar ein Absinken eintreten. Die Voit'sche Versuchsperson zeigt einen geringen Kohlensäurezuwachs.

Weit grössere Unterschiede als die Kohlensäureausscheidung des Menschen zeigt die Wasserdampfausscheidung. Sie war in dem grossen untersuchten Intervall von 2° bis 40° jederzeit so gut wie völlig insensibel; nichts verräth uns die grossen Differenzen der Ausscheidung. Wie ich zuerst am Meerschweinchen und Hunde und dann am Menschen gezeigt habe, liegt ein Minimum der Wasserausscheidung bei mittlerer Lufttemperatur — bei der üblichen Stubentemperatur.

Das untere Maximum der Wasserdampfausscheidung (in der Kälte) des Mannes Br. entsprach 888 g Wasserdampfabgabe für den Tag, das Minimum 456 g, das obere Maximum 2688 g[1]).

Für dieselbe Versuchsperson habe ich allerdings, zeitlich getrennt von den vorstehend aufgeführten Versuchen, bei 18 bis 24° C. und mittlerer Luftfeuchtigkeit die Lungenathmung für sich bestimmt und in der Ruhe bis zu 17 g pro Stunde gefunden = 408 g pro 24 Stunden[2]). Man sieht, dass das Minimum der Wasserdampfausscheidung mit 456 g täglich in ganz überwiegendem Maasse durch die Lungenathmung gedeckt wird, und unter solchen Umständen recht wenig für die Hautathmung verbleibt.

Aehnliches ergab sich durch Rechnung für die von mir und Lewaschew untersuchte Person[3]).

Die Steigerung der Wasserverdunstung bei niedriger Temperatur ist nicht etwa dadurch zu erklären, dass die eingeathmete Luft bis zur Sättigung für die Ausathemtemperatur mehr Wasser aufnimmt, als bei höherer Lufttemperatur; denn man nimmt für niedere Lufttemperatur auch eine niedrigere Ausathemtemperatur an, wodurch die Vermehrung der Aufnahmsfähigkeit für Wasserdampf durch niedrigen absoluten Wassergehalt bei der Einathmung so gut wie völlig übercompensirt wird[4]).

Auf die Vermehrung wirkt die mit steigender Kohlensäure-Ausathmung verbundene Zunahme der Athemfrequenz und Athemtiefe, aber vielleicht hat auch eine Zunahme der Hautathmung daran ihren Antheil, weil bei niedrigen Lufttemperaturen die Trockenheit der Kleidungsluft und die Grösse der natürlichen Kleidungsventilation einen Zuwachs erhalten dürfte.

Bei den hohen Temperaturen verdanken wir die Zunahme der Ausscheidung fast ausschliesslich der lebhaften Hautathmung.

1) Die maximalste Ausscheidung dieses Mannes war bei 30° trockener Luft und schwerer Arbeit 220 g pro Stunde = 5280 g pro 24 Stunden (bekleidet), noch grösser war die Ausscheidung des Nackten bei 33° und schwerer Arbeit (20000 kgm) = 303 g pro Stunde = 7272 g pro 24 Stunden.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XXXIII, S. 154.

3) Archiv f. Hygiene, Bd. XXIX, S. 52.

4) S. auch Zeitschr. f. Biologie, V, S. 483.

Kohlensäureausscheidung und Wasserdampfabgabe weisen, graphisch betrachtet, verschiedene Curven auf; erstere hängt von den Stoffzersetzungen, letztere von der Entwärmungsweise des Körpers ab. Wenn man die Menge des ausgeschiedenen Wassers durch die ausgeathmete Kohlensäure dividirt, erhält man einen Quotienten, den ich Entwärmungsquotienten nennen möchte, da er in der That ein Ausdruck für die Art der bestehenden Wärmeabgabe sein kann. Er zeigt, in welchem Maasse die Entwärmung des Körpers auf Kosten des Wasserdampfes geschieht. Eine idealere Lösung für den Quotienten liess sich geben, wenn statt der CO_2-Ausscheidung direct die Wärmeproduction bekannt wäre.

Der Entwärmungsquotient hängt von den Schwankungen der relativen Feuchtigkeit ab. Bei den grossen Feuchtigkeitsschwankungen, welche ich und Lewaschew untersuchten, lässt sich berechnen:

	für trockene Luft		für feuchte Luft
20°	1,7	als Quotient	0,54
25°	2,36	» »	0,76.

Der Entwärmungs-Coëfficient hängt neben der relativen Feuchtigkeit in ausnehmendem Maasse von der Temperatur der Umgebung ab, wie die Versuche zeigen. So findet sich:

bei 2°	1,24	als Quotient
» 15—20°	0,79	» »
» 35—40°	5,3	» »

Dem Minimum entspricht also rund 0,8 als Quotient, von hier ab streben die Zahlen immer höheren Werthen zu. Unter diesen muss es aber einen physiologischen Grenzwerth geben, der dann erreicht wird, wenn ohne Störung der Eigentemperatur das verdunstende Wasser eben hinreicht, das Wärmegleichgewicht zu erhalten. Dieser Werth wäre zu berechnen, wenn man die gesammte Wärmeproduction gemessen hätte. Er würde in diesem Falle = 1 werden müssen. Wir können aber nur von der Kohlensäureproduction ausgehen, unter der Voraussetzung (welche in den vorliegenden Versuchen auch zutreffen wird), dass eine

gleiche Kohlensäureentwickelung einer gleichen Wärmebildung entspricht; dies ist in allgemeiner Form ausgesprochen nicht richtig, wie ich auch anderen Orts[1]) näher dargelegt habe. In unseren Versuchen wurde aber absichtlich eine gleichartige Ernährung innegehalten, um die Kohlensäure bei wenig wechselnder Zersetzungsweise der Stoffe als ein Maass des Umsatzes benützen zu können. Wenn man eine Berechnung des calorischen Werthes unter der Voraussetzung macht, dass von Eiweiss, Fetten und Kohlenhydraten eine Mischung, wie sie beim Ruhenden sich in der Kost zu finden pflegt, umgesetzt worden sei, so sollte auf 1 g CO_2 2,82 Cal. an Wärme kommen und diese letztere wieder durch $\frac{2,82}{0,6}$ g Wasser gebunden werden, also 1 g CO_2 : 4,7 g H_2O würde dem höchsten Entwärmungsquotienten entsprechen. Er kann nur aus zwei Gründen überschritten werden (wenn man von einer Aenderung der Zersetzung absieht)[2]), durch eine starke Schweisssecretion bei ungenügender Verdunstung und durch starke Schweisssecretion bei Aufnahme von Wärme aus der umgebenden Luft (wenn letztere über Blutwärme liegt).

Bei dem Arbeitenden würde der Quotient ceteris paribus kleiner werden können, weil ein Theil der Energie als »Arbeit« zu Verlust geht und nicht als Wärme erscheint.

Die oben angegebenen Zahlen geben den maximalsten Werth von 5,3, die also bereits die Zahl 4,7 überschreitet; in den Versuchen von Schattenfroh finden sich bei 38° sogar Werthe bis 7,3, demnach ein Hinweis auf die Wärmeaufnahme aus der Umgebung. Der Entwärmungsquotient lässt erkennen, in welchem Maasse die regulatorischen Kräfte der Wärmeökonomie bereits für einen bestimmten Zweck in Anspruch genommen worden sind.

Der wachsende Antheil, welchen bei unserer Versuchsperson das Wasser an der Entwärmung nahm, lässt sich noch in anderer Weise zeigen. Nehmen wir pro 1 g CO_2 2,82 Cal.

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXI, S. 362.

2) Bei Fettzersetzung könnte derselbe auf 5,6 steigen.

und die latente Wärme des verdampften Wassers zu rund 0,6 Cal., so ergibt sich stufenweise

bei 15—20°	68,2 Cal.	als Prod.	11,4 Cal.	verdampft	= 16,7 %
» 25—30°	71,6 »	» »	25,8 »	»	= 30,6 %
» 35—40°	60,0 »	» »	67,2 »	»	= 112 %.

Macht der Wärmeverlust bei 15 bis 20° 16,7 % aus, so steigt die Betheiligung der Wasserverdunstung an der Entwärmung bei 25 bis 30° schon auf über das Doppelte und bei 35 bis 40° wird durch das verdampfende Wasser mehr Wärme gedeckt als producirt wurde, offenbar zum Theil deshalb, weil eine directe Anwärmung des Organismus durch die über Blutwärme liegende Luft stattgefunden hat, welcher Ueberschuss durch Mehrproduction an Wasser beseitigt wurde. Der Körper bedient sich der Strahlung und Leitung nicht mehr, sondern nur der Verdampfung. Für je 5° Wärmezuwachs deckte die anwachsende Wasserverdunstung bei dem Intervall:

15—20°	auf 20—25°	2,4 Cal.	(4 g Wasser)
20—25°	» 25—30°	12,0 »	(20 » »)
25—30°	» 30—35°	24,6 »	(41 » »)
30—35°	» 35—40°	16,8 »	(28 » »).

Die Wasserverdunstung beginnt also nicht von einer bestimmten Grenze ab, um plötzlich als Regulationsmittel zu fungiren, sondern in steigendem Maasse mit zunehmender Temperatur; für je einen Grad Temperaturzunahme steigt bei 30 bis 35° die Wärmebindung durch Wasserverdampfung zehn Mal so stark. Bei steigender Wärme stehen bei niedriger Temperatur entweder durch Verminderung der Zersetzung, welche aber in dem vorliegenden Falle keine sehr hervorragende Rolle spielt, oder durch Mehrung der Hautdurchblutung günstige Wege der Entwärmung offen. Bei Bluttemperatur war durch die gleichzeitige Minderung der Zersetzung nicht der gleiche Zuwachs erforderlich.

Die vorliegende Reihe von Untersuchungen hat zunächst nur individuelle Geltung; aber sie dürfte wohl eine gewisse Verallgemeinerung rechtfertigen, nachdem in den Grundzügen

hinsichtlich der Lage der Wasserverdampfungs-Maxima und -Minima sowohl bei verschiedenen Thieren (Meerschweinchen, Hunde), als auch zwischen Thier und Mensch und den bis jetzt von mir untersuchten Personen Uebereinstimmung besteht.

Ueber die Abweichungen, die durch den Fettreichthum des Körpers bedingt werden, haben die in meinem Laboratorium von Schattenfroh angestellten Untersuchungen Auskunft gegeben.

Beobachtungen bei wechselnder Bekleidungsweise.

Der Hitze wie der Kälte akklimatisirt sich der Mensch nur gezwungener Weise unter Beibehaltung derselben Bekleidung; bei freier Wahl wird er die Kältewirkungen durch Vermehrung der Kleidung, das Hitzegefühl durch Ablegen der Kleidung abgleichen. In einer Reihe von Experimenten untersuchte ich daher noch Personen bei verschiedenen Temperaturen, gestattete aber, als es zu kühl wurde, Winterkleidung anzulegen, und als die Grenze behaglicher Wärme überschritten wurde, sich zu entkleiden.

Die eine Versuchsperson war 71 kg schwer, von gutem Fettpolster, lebte unter denselben Versuchsbedingungen wie die Person Br. und die Experimente wurden in der gleichen Weise durchgeführt. Zeitlich lagen sie vor den im Vorstehenden erwähnten Versuchen.

Die Regulirung des Wasserdampfgehaltes der einströmenden Luft gelang damals nicht so vollkommen, wie bei der später besser ausgebildeten Technik. Für die Ergebnisse selbst kommt dieser Mangel hier nicht wesentlich in Betracht. Die gewöhnliche Kleidung des Mannes war etwas reichlicher als die unserer Person Br. Die untere Grenze der Temperatur, welche der Mann ohne unangenehme Empfindungen ertrug, lag wohl bei 16° und er klagte bereits bei 25° und 33% Feuchtigkeit über Wärme, ein ungewöhnliches Vorkommnis, da nach meinen zahlreichen anderweitigen Beobachtungen auch von korpulenten Personen im Ruhezustand und bei mässiger Bekleidung 25° und 33% Feuchtigkeit als unangenehm und lästig kaum bezeichnet werden.

Zwischen 14 und 23° sank die Kohlensäureausscheidung stetig und erheblich ab, was im Gegensatz zu den Beobachtungen bei Person Br. steht, aber im Einklang mit einer anderen Person H., welche ich und Lewaschew untersucht haben.

Tabelle II.
Person F., 71 kg.

Temp.	Feuchtigkeit im Einstrom	Winterkleidung		Gewöhnliche Kleidung		Nackt		N im Harn während der Versuchszeit	N im Tag g
		CO_2 g	Wasser g	CO_2 g	Wasser g	CO_2 g	Wasser g		
9,8	62	42,5	50,0	—	—	—	—	7,09	19,18
13,6	38	—	—	37,6	58,0	—	—	5,90	14,09
14,0	63	—	—	41,5	42,0	—	—	4,02	10,10
14,8	42	—	—	37,7	—	—	—	5,81	15,42
16,6	61	—	—	36,1	34,5	—	—	3,89	18,96
17,4	53	—	—	33,2	26,0	—	—	3,30	10,80
18,1	45	—	—	26,9	28,4	—	—	5,04	13,44
21,9	44	—	—	28,4	24,3	—	—	3,22	12,00
25,2	33	—	—	32,7	34,5	—	—	3,22	13,50
30,5	29	—	—	—	—	37,3	117,5	2,92	10,22
37,4	35	—	—	—	—	51,8	296,5	3,91	12,97
							Mittel	4,347	13,69

Tabelle III.
Person F., 71 kg.

	Temp.	Relative Feuchtigkeit	CO_2 in g pro Stunde	H_2O in g pro Stunde	Bemerkungen
Winterkleidung	9,8	62	42,5	50,0	Zu kühl
Sommerkleidg.	14,1	46	38,9	45,0	Zu kühl
»	17,4	53	32,1	29,6	—
»	23,5	38	30,5	54,4	—
Nackt	30,5	29	37,3	117,5	Zu kühl
»	37,4	35	51,8	296,5	Unerträgl. Hitzegefühl

Die Wasserdampfabgabe zeigte ein Minimum bei 17,4° (bei Br. bei 15 bis 20°, bei H. bei 15°)[1].

1) Die Steigung um 1° Temperatur verminderte bei F. die Kohlensäureausscheidung um etwa 2,3%, bei Person H. um 1,7%, bei Br. in diesem Intervall überhaupt nicht, nur bei grösseren Temperaturdifferenzen.

Für den Versuch bei 9,8° legte F. Winterkleidung mit Ueberzieher an, empfand es aber doch noch dabei zu kühl, er fror trotz Winterüberzieher. Die Kohlensäureausscheidung stieg und ebenso die Wasserdampfabgabe; ein ähnliches Verhältnis wäre auch ohne die reichlichere Kleidung eingetreten.

Da 25° von der Versuchsperson als sehr warm angegeben wurden, folgten zwei Versuche nackt, bei 30° und 37°.

Leider konnten bei hohen Temperaturen nur diese zwei Versuche gemacht werden. Bei 30° fand die Person F. es zu kühl, und 37,4° vermochte sie nicht gut zu ertragen. Obwohl eine nennenswerthe Steigerung der Eigenwärme nicht eingetreten war, transpirirte die Versuchsperson beständig und legte sich, um zu schlafen, auf den Boden des Respirationskastens. Die Kohlensäureausscheidung stieg bei 30° bis 37 g und bei 37,4° auf 51,5 g. Die Entwärmungsquotienten waren bei 30° auf 3,1 und bei 37,4° auf 5,7 gestiegen, im letzteren Falle bei starker Schweisssecretion, also höher, als bei völlig freier Verdunstung eintreten konnte.

Da es sich nach dem ganzen Verhalten um ein für das Experiment bei hoher Lufttemperatur wenig geeignetes Individuum handelte, wurden die Versuche nicht weitergeführt; es wäre ja zu erwarten gewesen, dass durch allmähliche Trainirung bessere Resultate erzielt worden wären, aber es schien mir der Erfolg doch unsicher.[1])

Wechselnde Bekleidung bei niedriger Temperatur. Person Br.

Ungemein brauchbar erwies sich dagegen unsere Versuchsperson Br., nicht nur durch die grosse Beherrschung, welche sie sich in der Ueberwindung unangenehmer Empfindungen auferlegte,

1) Die N-Ausscheidung dieses Mannes bewegte sich bei freier Wahl der Kost um 13,69 g (Harn) mit wenigen Abweichungen; auch während der Versuchszeit, die im wesentlichen unter einheitlicher Nahrungszufuhr stand, zeigten sich Verschiedenheiten, die mehr oder minder von der Kost des vorherigen Tages mit abhängig waren. Der mittlere Stundenwerth betrug 0,723 g für die Versuchszeit; das spec. Gewicht des Harns bewegte sich um 1024 g herum, bei der hohen Lufttemperatur war die Harnmenge etwas kleiner als bei den »kühlen« Versuchen. Für die Stunde kamen im Durchschnitt 75 ccm Harn, bei gemischter Kost entleerte die Person etwa 7 bis 8 g Wasser mit dem Koth.

sondern namentlich durch die Intelligenz, mit welcher sie auch ihre Empfindungen zu beurtheilen verstand. Zunächst wurden nacheinander bei niederer Temperatur eine Reihe von Experimenten gemacht theils mit leichter Sommerkleidung, wie oben näher beschrieben, theils mit Winterkleidung und mit Pelzbekleidung.

Tabelle IV.

Person Br., 58 kg.

Nr.	Temperatur u. Feuchtigkeit: Anfang	Schluss	Minimum	Maxim.	Mittel	Kleidung	g Wasser pro Stunde	CO_2 pro Stunde	Bemerkungen
154	12,8	15,0	12,8	15,0	(*13,9*)	Sommerkleider.	*48*	*26,2*	Sehr kalt,
	58	41	41	58	(49)				Schüttelfrost.
155	11,7	14,2	11,7	14,8	(13,0)	Winterkleider	40	25,2	Zuweilen sehr
	68	42	42	68	(55)	u. Ueberzieher und Hut.			kühl.
156	11,0	14,0	11,0	14,0	(*12,8*)	Sommerkleider.	*55*	*27,9*	Sehr kalt, zuw.
	64	37	37	64	(50)				Schüttelfrost.
157	10,7	11,3	10,7	12,5	(11,6)	Winterkleider	61	28,7	Zuweilen kühl.
	62	40	40	62	(51)	u. Ueberzieher und Hut.			
158	10,0	13,0	10,0	13,0	(11,5)	Winterkleider u.	60	29,8	Sehr angenehm
	60	41	39	60	(50)	Pelz.			warm.
159	11,2	13,5	11,2	13,5	(12,4)	Winterkleider u.	67	23,6	Sehr angenehm
	60	40	40	60	(50)	Pelz und Hut.			warm.
160	11,8	13,0	11,8	13,3	(12,4)	Sommerkleider.	*70*	*31,2*	Sehr kalt.
	66	39	39	66	(52)				

Die Körpertemperaturen waren:

Nr.					
154	37,4 —37,6	= + 0,20	demnach bei Sommerkleidung ein Anstieg	um 0,20	} 0,23
156	37,4 —37,6	= + 0,20		0,30	
156	37,3 —37,6	= + 0,30		0,20	
157	37,4 —37,55	= + 0,15	in Winderkleidung . . .	+ 0,20	} 0,17
158	37,45—37,65	= + 0,20		0,15	
159	37,35—37,70	= + 0,35	in Pelz	+ 0,35	} 0,28
160	37,25—37,45	= + 0,20		0,20	

Die vorstehende Tabelle gibt eine Uebersicht über diese sechsstündigen Versuche.

Die Winterkleidung bestand aus einem

dickeren Anzug	von	3675	g	Gewicht
Winterüberzieher	»	2400	»	»
Hut	»	160	»	»
	=	6325	g	Gewicht.

Die Pelzbekleidung aus

dem Winteranzug	von	3675	g	Gewicht
» Pelz . . .	»	5065	»	»
» Hut . . .	»	160	»	»
	=	8900	g	Gewicht.

In der Sommerkleidung und ohne Hut waren die Temperaturen von 12 bis 13° auf die Dauer viel zu niedrig, ausser dem Gefühl eisiger Kälte stellte sich gegen Ende des Versuches namentlich Zittern und Schütteln ein. Auch die Winterkleidung befriedigte nicht vollständig, ein gewisses Gefühl der Kühle wurde die Versuchsperson nicht los, dagegen fühlte sie sich im Pelz ungemein behaglich und warm. Die Mittelzahlen enthält folgende Tabelle.

Tabelle V.

Bei 11 bis 12° C.

Kleidung	CO_2	H_2O	Bemerkungen
Sommerkleidung	28,4	58	Sehr kalt, zeitw. Schütteln.
Sommerkleidung mit Winterüberzieher	26,9	50	Zuweilen sehr kühl.
Sommerkleidung mit Pelz .	23,6	63	Sehr angenehm warm.

Die Zahlen lassen erkennen, welche Wirkung die zunehmende Kleidung, abgesehen von der Empfindungssphäre, ausübte. Die Kohlensäureausscheidung fiel von 28,4 auf 23,6 g pro Stunde, d. h. so sehr, als wenn bei leichter Sommerkleidung die Temperatur von 2° bis 10 oder 15° gestiegen wäre, oder von 10 bis 15° bis gegen 35 oder 40°, ein Vorgang, den man geneigt sein wird, nach den heutzutage üblichen Anschauungen als durch die

Herabminderung des Zitterns hervorgerufen zu erklären, was aber meines Erachtens zu weit geht, da wir in anderen Versuchen trotz Zitterns keine Kohlensäurevermehrung gesehen haben.

Der Wasserdampf sinkt zunächst mit zunehmender Bekleidung ab, theils weil die Athmung sich änderte, dann vielleicht, weil die Person gewissermaassen durch die Bekleidung in eine höhere Umgebungstemperatur versetzt wurde und so dem Minimum der Wasserdampfausscheidung sich näherte. Bei Pelzbekleidung ist die Zunahme der Wasserdampfausscheidung durch das Anwachsen der wärmenden Wirkung der Kleidung sehr deutlich und würde wohl noch grösser gewesen sein, wenn sich bei gleichbleibender Aussentemperatur und zunehmender Bekleidungsdicke nicht zugleich die Kleidungsventilation vermindern würde.

Die Eigentemperatur ist in keinem einzigen der Versuche gefallen, sondern am Ende der Versuchszeit höher gewesen als zu Anfang; von irgend einer abnormen Abkühlung kann also gar keine Rede gewesen sein.

Nackt und bekleidet bei hohen Temperaturen. Person Br.

Der natürliche Trieb verlangt von uns bei hohen Temperaturen das Ablegen der Kleidung; wir haben zwar gesehen, dass magere Personen bei mittlerer Feuchtigkeit auch bekleidet Bluttemperaturen gut vertragen.

Die Kleidung kann unter hohen Temperaturgraden einen insoferne ungünstigen Einfluss üben, als dadurch ein vorzeitiges Anwachsen der Wasserverdampfung herbeigeführt werden kann, was zuerst durch einen von Dr. Schierbeck[1]) in meinem Laboratorium ausgeführten Versuch gezeigt worden ist. Um in dieser Hinsicht noch eingehenderes Material zu erhalten, wurde an Person Br. noch eine gewisse Zahl von Experimenten ausgeführt.

Zunächst mögen die Versuche, in sommerlicher Kleidung durchgeführt, hier mitgetheilt sein.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, S. 203.

Versuch VI. Versuche am Bekleideten (Person Br.).

Nr. des Vers.	Datum	Temp.	Relat. Feuchtigkeit	CO_2 pro Stunde	Wasser pro Stunde	Ventilation Liter	Dauer des Vers.	Körpergewicht	Bluttemperatur	Bemerkungen
156	10. Mai 97	12,8	50	27,9	55	146 920	4	58,5	37,8 —37,6	Unangenehm kühl, Zittern.
160	14. » »	12,4	52	31,2	70	146 810	4	59,0	37,25—37,45	Unangenehm kalt, Zittern.
154	6. » »	13,9	49	26,2	48	145 800	4	58,5	37,4 —37,60	Stets kalt. Zittern am Schluss.
153	5. » »	15,3	49	24,2	44	138 020	4	59	37,2 —37,55	
214	14. Aug. »	24,9	53	23,9	27	122 680	4	59,5	—	Weder kalt noch warm.
207	2. » »	25,8	52	22,9	39	122 130	4	59,0	—	—
198	23. Juli »	27,3	50	24,9	71	116 600	4	59,0	—	Zuweilen etwas Schweiss.
200	25. » »	27,3	51	27,3	70	115 130	4	60,0	—	
208	4. Aug. »	27,7	50	24,3	58	117 100	4	60,0	—	
212	10. » »	32,6	41	23,7	85	123 970	4	59,5	—	Fast stets Schweiss.
185	5. Juli »	32,6	42	28,2	101	210 070	5	59,0	—	Fast stets Schweiss, zuweilen stark.
211	9. Aug. »	34,0	47	25,0	138	111 290	4	59,5	—	
186	6. Juli »	32,9	43	28,0	72	180 400	4	59,0	—	

Versuche am Nackten (Person Br.).

Nr. des Vers.	Datum	Temp.	Relat. Feuchtigkeit	CO_2 pro Stunde	Wasser pro Stunde	Ventilation Liter	Dauer des Vers.	Körpergewicht	Bluttemperatur	Bemerkungen
218	19. Aug. 97	23,5	54	23,7	29	115 590	4	59,5	36,55—37,40	Kältegefühl, gegen Schluss Zittern.
216	17. » »	24,0	50	24,0	29	115 820	4	59,5	—	Zuweilen kalt.
215	16. » »	25,3	50	24,0	38	118 530	4	59,5	—	Selten Kältegefühl.
206	31. Juli »	25,9	51	24,8	35	116 910	4	59,5	—	Zuweilen kalt, gegen Schluss Zittern.
217	18. Aug. »	26,2	48	24,9	27	118 470	4	59,0	—	Weder kalt noch warm.
205	30. Juli »	26,4	48	24,4	35	117 480	4	59,6	—	Zuweilen kalt, gegen Schluss Zittern.
213	13. Aug. »	27,0	50	26,2	49	98 840	4	60,0	—	Weder kalt noch warm.
196	21. Juli »	27,3	51	25,3	52	111 130	4	59,0	—	Kältegefühl, gegen Schluss Zittern.
183	1. » »	33,2	44	30,3	107	168 350	4	59,0	—	Stets Schweiss, oft stark.
184	2. » »	33,3	41	26,7	109	166 960	4	59,0	—	
210	7. Aug. »	34,2	44	25,9	121	120 690	4	59,5	—	Schweiss häufig, oft sehr stark.
209	6. » »	35,2	42	25,7	96	142 810	4	—	—	

Sie zeigen bei 12 bis 15°, wie schon erwähnt, das unangenehme Kältegefühl mit Zittern, welches sich besonders gegen Ende der Versuche jedesmal geltend machte. Bei 24 bis 26° hatte die Person weder Wärme- noch Kältegefühl, schon bei 27° trat gelegentlich der Stirnschweiss auf, der sich dann bei 32 bis 34° sozusagen regelmässig und in verstärktem Maasse geltend machte, ohne jedoch etwa abzulaufen; die Verdunstung war keineswegs gestört oder unterdrückt.

Die Versuche am Nackten lehrten, dass auch eine fettarme Person Temperaturen von 23 bis 27° bereits gut erträgt, aber es kam doch vor, dass gegen Ende der Versuchszeit ein Kältegefühl, auch Zittern, vorhanden war. Offenbar spielen auch Zufälligkeiten eine Rolle, denn unter den gleichen Umständen und Temperaturen wurde manchmal weder Kälte noch Wärme, ein andermal aber Kühle empfinden. Trotz Kältegefühls und Zitterns ist vielfach von irgend einer Mehrung der Kohlensäureausscheidung nichts zu sehen. Die Körpertemperatur liess irgend welche nennenswerthe Veränderungen nicht wahrnehmen. Neben gelegentlichem Sinken um 0,2 bis 0,3° kam aber auch Ansteigen der Temperatur zur Beobachtung. Temperaturen von 23 bis 26° und nackt entsprachen nicht ganz dem intensiveren Kältegefühl im leichtbekleideten Zustand bei 12 bis 13°. Von 33° ab war auch beim Nackten die Absonderung von Schweiss ganz unzweifelhaft erhöht, wenn schon derselbe ohne Schwierigkeit verdunstete.

Die Mittelzahlen geben folgende Ergebnisse.

Tabelle VII.

Versuchsperson Br.

Temp.	Nackt		Sommer-Kleidung	
	CO_2	H_2O	CO_2	H_2O
33—34	27,1	108	26,2	99
26—27	24,7	39	26,6	53
12	—	—	28,4	58

Bei Sommerkleidung nimmt von 12 bis 33° die Kohlensäureausscheidung auch in diesen Versuchen ab, wie wir es auch in anderen Experimenten, die wir an derselben Person später

ausgeführt und oben Seite 123 mitgetheilt haben, gesehen haben. Die Wasserdampfausscheidung fällt zunächst bei 26 bis 27 unter die bei 12° beobachtete Zahl und steigt dann erheblich bei 33 bis 34°.

Bei den Versuchen ohne Kleidung zeigt sich beim Steigen von 26° auf 34° eine kleine Zunahme der Kohlensäure- und eine starke Zunahme der Wasserdampfabgabe. Bei 26° lässt sich deutlich sehen, dass die bessere Erwärmung der Versuchsperson durch die Kleidung die Wasserdampfabgabe mehrt; bei 33° dagegen verdunstet die freie Haut mehr als die bekleidete, weil die Kleidung durch Minderung der Luftcirculation und Zunahme von relativer Feuchtigkeit durch Stauung der Kleidungsluft ein Hinderniss für Verdunstung und für vermehrte Ausscheidung darstellt.

Am 21. August 1897 maass ich mittelst des Thermo-Elements bei mir bei 21,5° Lufttemperatur:

an der Haut (bedeckte Stelle) . . . . . 36°
zwischen Weste und Rock 28,9
auf dem Rocke 28,4
unter der Zunge 37,9,

bei Person Br. gleichzeitig:

an der Haut (bedeckte Stelle) 35,9
auf dem Hemd 34,4
zwischen Hemd und Weste 32,4
auf dem Rocke . . . . 30,9.

Als sich Br. auszog und nackt im Raume blieb:

an der Brusthaut (kurz vorher) 35,9
» » » (nach 10 Min.) 30,9
» » » (nach 20 Min.) 29,9
» » » (nach 40 Min) . . . . 29,9.

Frostgefühl trat innerhalb dieser Zeit nicht ein. Die Haut hat also bei den Experimenten mit dem Unbekleideten eine sehr niedrige Temperatur, die sich hier um 29,9°
—21,5
= 8,4° höher stellte als die Umgebung.

Den drei verschiedenen Zuständen thermischer Behaglichkeit entsprachen also folgende Zahlen für absolute Ruhe:

Temp.		pro Stunde CO_2	pro Stunde H_2O
12°	Pelzbekleidung .	23,6	63
25°	Sommerkleidung	26,6	53
33°	Nackt	27,1	108

Die drei Behaglichkeitszustände unterscheiden sich im wesentlichsten durch die Wasserdampfabgabe, welche im nackten Zustande die höchsten Werthe aufweist; sie sind also nicht nach jeder Richtung hin gleichwerthig. Die freie Circulation und die directe Berührung der Haut durch den Luftstrom hat also eine lebhafte Verdunstung zur Folge.

Wirkung des Alkoholgenusses.

a) Bei niedrigen Temperaturen.

Unter den Mitteln, welche das Ertragen niederer Temperaturen erleichtern sollen, spielt der Alkoholgenuss eine hervorragende Rolle. Wir haben schon des öfteren auf die unleidlichen Empfindungen und jenen Schmerz hingewiesen, welche Kälte auch bei kräftigen, widerstandsfähigen und abgehärteten Personen hervorruft. Die wärmende Kleidung bietet nach den oben angeführten Experimenten einen deutlichen Beweis ihres rationellen Werthes. Sie erzeugt nicht nur Behaglichkeit, sondern materielle Wirkungen auf den Stoffumsatz und ist ein Mittel, dauernd den Wirkungen niedriger Temperaturen zu widerstehen, indem sie uns gestattet, trotz kalter Umgebung ungefährdet dem Schlafbedürfnis nachzugehen und eine Erholung des Körpers nach vorausgehender Arbeit herbeizuführen.

Das Trinken alkoholischer Getränke und speciell des Schnapses gilt allgemein als ein Mittel, um über unangenehme Kälteeinflüsse hinwegzukommen.

Es war mir daher von Interesse, zu erfahren, wie sich unsere Versuchsperson Br. verhalten würde, wenn man ihr anstatt einer wärmeren Bekleidung, wie sie das rationelle Mittel darstellt bei Einwirkung der Kälte, eine kleine Dosis Alkohol verabreichte.

Der Alkohol wurde als »Nordhäuserbranntwein« zu je 250 ccm in vier Stunden in einzelnen Portionen, die in's Belieben der Versuchsperson gestellt wurden, getrunken. Der Alkoholgehalt des Getränkes darf zu 37 bis 38 Gewichtsprocent angenommen werden, sonach enthielten 250 ccm etwa 92 g absoluten Alkohol, also eine keineswegs sehr grosse Dosis.

Am 7. November 1898 wurde ein Vorversuch gemacht bei 12,5° C. und 68 % relativer Feuchtigkeit. Die Person trank in freier Wahl in sechs Stunden 440 ccm »Nordhäuser«, eine Dosis, welche zwar sehr schnell jedes Kältegefühl beseitigte, aber nach unserem Dafürhalten zu reichlich war. Die Wasserdampfproduction betrug 25,0 g pro Stunde.

Nach diesen Erfahrungen wurde die Dosis Nordhäuser auf 250 ccm reducirt, wie oben angegeben.

Nachstehende Tabelle enthält die näheren Angaben über die ausgeführten Versuche; es wurde sowohl bei feuchter als bei trockener Luft der Alkohol verabreicht.

Tabelle VIII.

Gruppe I. Niedrige Temperatur, feuchte Luft.

Nr. des Versuchs				
264	12,0°	71% Feuchtigkeit	250 Branntwein; ausgeschieden: 28,0 H_2O pro Stunde.	Behaglich warm.

Alkoholfreie Parallelversuche.

249	10,5°	69%	20,0 H_2O.	Zuweilen starkes Frieren.
257	13,9°	60%	23,0 »	Zuweilen etwas kalt.
262	12,0°	66%	21,0 »	Zuweilen Frösteln.
Mittel	21,1°	65%	21,3 H_2O.	Zuweilen Frieren.

Gruppe II. Niedrige Temperatur, trockene Luft.

295	12,7°	43%	250 Branntwein	56,0 H_2O	u. 28,5 CO_2.	Zuweilen schwaches Frösteln.
296	13,3°	33%	250 »	55,0 »	» 26,8 »	Zuweilen schwaches Frösteln.
Mittel	13,0°	38%	250 Branntwein	55,5 H_2O	u. 27,7 CO_2.	Zuweilen schwaches Frösteln.

Alkoholfreie Parallelversuche.

289	13,1°	29%	47,0 H_2O	u. 24,4 CO_2.	Oft stark. Frieren, einmal Schüttelfrost.
290	13,2°	36%	47,0 »	» 27,5 »	Stets Frösteln, mehrfach stark. Frieren.
Mittel	13,1°	33%	47,0 H_2O	u. 26,0 CO_2.	Oft starkes Frieren.

Generalübersicht.

Gruppe I	Kalt u. feucht, mit Alkohol	28 H_2O.		Behaglich warm.
	» » » ohne	21 »		Zu kalt.
Gruppe II	Kalt u. trocken, mit Alkohol	56 H_2O	u. 27,7 CO_2.	Zuweilen Frösteln.
	» » » ohne	47 »	» 26,0 »	Oft Frieren.

In Versuch 264 fühlte sich die Versuchsperson behaglich »warm« trotz nur 12° C. Luftwärme, in Nr. 295 war grösstentheils behagliche Temperaturempfindung vorhanden, nur zuweilen schwaches Frösteln; ebenso in Nr. 296.

Die Wirkungen des Alkohols auf die Ertragbarkeit der niederen Temperatur sind ganz unverkennbar.

Während unsere Versuchsperson in Sommerkleidung bei 10 bis 12° gewöhnlich fror und zwar besonders stark in trockener Luft, empfand die Person bei 12° und 71% relativer Feuchtigkeit nicht nur keinen Frost, sondern sogar eine behagliche Wärme und in trockener Luft nur zuweilen noch schwaches Frösteln. Die Generalübersicht lässt erkennen, dass sowohl in trockener wie feuchter Luft die Wasserdampfabgabe unter dem Einfluss des Alkohols zugenommen hat. Bei feuchter Luft war die Wasserdampfzunahme etwa 30%, bei trockener Luft etwa 18,1%. Beide Werthe sind nicht sehr erheblich, da ja der Wasserdampf sehr grosse Schwankungen durchzumachen in der Lage ist.

Trotz grösserer Wasserverdunstung war bei Alkoholgenuss das Kältegefühl vermindert; nach allen Erfahrungen wissen wir, dass der ganz überwiegende Theil des eingenommenen Alkohols verbrennt, die Zufuhr hatte einen Verbrennungswerth von $92 \times 7,2 = 662,4$ Cal., also entsprechend dem Verbrennungswerth von $1/4$ der Tagesration, welche unser Versuchsindividuum als Nahrung überhaupt bedürft hätte.

Die Kohlensäureausscheidung war etwas gestiegen; wird C_2H_6O zerlegt, so entstehen aus 1 Mol. = 46 Th. $2 CO_2 = 88 CO_2$ oder für 1 Th. Alkohol rund 1,91 Thl. CO_2. 1,91 g CO_2 entsprechen = 7,2 Cal. an Wärme. 1 g CO_2 = 3,76 Cal. Unzweifelhaft liegen die Verhältnisse so, dass unter dem Einfluss des Alkohols, eine reichliche Zersetzung im Allgemeinen, und ein theilweiser Ersatz anderer Nahrungsstoffe durch Alkohol hat eintreten können. Unter diesen Umständen versteht man eine Zunahme der Wasserverdunstung sehr wohl, auch die Beseitigung des Kältegefühles, indem die reichliche Blutcirculation durch die Haut die störenden Empfindungen beseitigt. Eine Abkühlung

des Körpers war nicht wahr zu nemhen. Man versteht also wohl, dass der mangelhaft Bekleidete so gerne zur Schnapsflasche greift. Er kommt dabei über die unangenehme Kälteempfindung hinweg, welche ihn sonst in energischer Weise belästigt. Die bessere Bekleidung würde ihn freilich in rationellerer Weise schützen und ihn von den giftigen Nebenwirkungen des Alkohols bewahren.

b) Bei hohen Temperaturen.

Die Alkoholwirkung habe ich dann noch bei hochwarmen Lufttemperaturen geprüft; es wurden angemessene Parallelversuche ohne Alkoholzufuhr angestellt. Die Versuchsbedingungen waren, was Ernährung und Kleidung betrifft, durchaus den vorhergehenden Kälteversuchen entsprechend. Es wurde nicht bemerkt, dass durch den Alkoholgenuss das Hitzegefühl zugenommen hätte, wenigstens äusserte sich die Versuchsperson nicht in gedachter Weise.

Tabelle IX.

Nr. des Vers.	Temp.	Feuchtigkeit	Gruppe III. Hohe Temperatur, trocken.	
287	33,9°	21%	250 Branntwein 145,0 H_2O u. 28,0 CO_2.	Fast stets Schweiss, doch mässig.
288	34,0°	18%	250 » 135,0 » » 29,6 »	Fast stets Schweiss, doch mässig.
Mittel	34,0°	20%	250 Branntwein 140,0 H_2O u. 28,8 CO_2.	Fast stets Schweiss, doch mässig.
			Alkoholfreie Parallelversuche.	
283	34,0°	21%	127,0 H_2O u. 27,0 CO_2.	Fast stets Schweiss, zuweilen kleben die Kleider.
284	34,3°	22%	126,0 » » 21,3 »	Fast stets Schweiss, zuweilen kleben die Kleider.
Mittel	34,1°	21%	126,5 H_2O u. 24,2 CO_2.	Fast stets Schweiss, zuweilen beträchtliche Mengen.

Generalübersicht.

Gruppe III	Warm u. trocken, mit Alkohol **140** H_2O u. **28,8** CO_2.	Fast stets Schweiss, doch mässig.
	Warm u. trocken, ohne Alkohol **126** H_2O u. **24,2** CO_2.	Fast stets Schweiss, zuweilen beträchtlich.

Das Wärmegefühl war auch ohne den Alkohol natürlich sehr gesteigert. Der Vergleich zwischen den Tagen mit und ohne Alkoholgenuss zeigt zweifellos eine Steigerung der Wasserdampf-

abgabe an den Alkoholtagen. Sie ist nicht gross, etwa um 11% höher als normal, absolut betrachtet aber viel grösser als die Zunahme der Wasserausscheidung an den Alkoholtagen bei niedriger Temperatur. Auffallend war weiter Folgendes, dass die Versuchsperson meinte, an den Tagen ohne Alkoholgenuss mehr geschwitzt zu haben, während die thatsächliche Wasserdampfabgabe und die Ablagerung von Schweiss in der Kleidung keineswegs den Empfindungen entsprach. Vielleicht ist der zeitliche Verlauf des Schwitzens mit und ohne Alkoholzufuhr sehr verschieden. Es wäre denkbar, dass letztere sehr schnell eine erhöhte Wasserverdunstung und durch die Injection der Haut und die Zunahme deren Temperatur die Verdunstung erleichtert, während ohne Alkoholzufuhr vielleicht eine frühzeitige Ablagerung kleiner Wassermengen in der Kleidung die Unbehaglichkeit steigert.

Die Zunahme der Wasserdampfausscheidung nach Alkoholzufuhr scheint mir mit einer Zunahme der Zersetzung der Wärme bildung Hand in Hand zu gehen, die sich mit grösster Wahrscheinlichkeit aus der Steigerung der Kohlensäureabgabe ableiten lässt; zu gleicher Zeit begünstigt der der Haut zufallende lebhafte Blutstrom die Entwärmung, wie schon hervorgehoben. Die starke Wasserverdunstung an den Alkoholtagen war in der Lage, einen nicht ganz unerheblichen Wärmeantheil zu binden.

Wenn 126,5 Th. Wasser im Normalversuch 75,9 Cal. binden,
so treffen auf 140 Th. Wasser . . . . 84,0 »

also stündlich mehr 8,1 Cal.

In der älteren Literatur findet sich mehrfach die Angabe, dass Alkohol die Wasserdampfabgabe mehre. Im Handwörterbuch für Physiologie von Wagner sagt Krause in dem Artikel über die Haut, S. 138, dass Spirituosen, besonders warme Getränke, die Wasserdampfabgabe vermehren. Auch findet sich dort die Angabe, dass Mischungsabweichungen des Blutes die Hautausdünstung ändern, am häufigsten bei Ueberladung des Blutes mit Wasser. E. Hallmann soll bei der Schweisssecretion, welche nach Einwickelung und Wassertrinken entsteht, einen ganz erheblichen Zuwachs an Gewichtsverlust gefunden haben.

Es ist nicht recht ersichtlich wie derlei Angaben entstanden sind. Man hat wohl im Allgemeinen die Vorstellung, dass Flüssigkeiten wie auf die Nieren und Milchdrüsen, auch auf die Schweissdrüsen wirken müssten. Ob die Wasserdampfabgabe durch irgend einen Einfluss vermindert wird, kann man nicht, wie man vielfach anzunehmen scheint, »empirisch« beobachten. Die Zunahme der Wasserverdunstung wie auch die Abnahme können ja ganz unmerklich verlaufen und haben nichts zu thun mit der sichtbaren Schweisssecretion, welch' letztere nicht ein Zeichen vermehrter Ausscheidung, sondern in der Regel gehemmter Verdunstung ist.

Vielfach wird von dem Wassertrinken behauptet, dass es die Wasserverdunstung mehre. Wenn man gelegentlich nach reichlichem Trinken Stirnschweiss entstehen sieht, wie behauptet wird, so liegt damit noch kein Beweis für eine Vermehrung der Wasserdampfabgabe vor. Trinken kalten Wassers kühlt sehr schnell den ganzen Körper ab, und die Haut, und bereits vorhandener Schweiss auf der Haut und in der Kleidung wird dann auf einmal unangenehm gefühlt und für Schweissausbruch erklärt.

Möglicher Weise spielen manchmal auch mechanische Verhältnisse eine Rolle, indem die übermässige Ausdehnung des Magens, vielleicht auch zugleich der Belastungszuwachs das Gehen erschwert und störende Mitbewegungen veranlasst. Ich habe in praxi niemals Bedingungen finden können, die mir einwandsfrei gezeigt hätten, dass nur die Flüssigkeitsaufnahme einen Einfluss auf die Wasserverdampfung erzeugt. Wie gesagt, beweist fühlbarer Schweiss noch nichts für die Art der Wirkung und die Quantität der Verdunstung.

Die Getränke bestehen aber nicht allein aus Wasser, zumeist werden alkoholische Getränke aufgenommen.

Durch die Versuche von Lawtschenko ist in meinem Laboratorium nachgewiesen worden, dass das Trinken von reinem Wasser keine quantitativ messbare Veränderung der Wasserdampfausscheidung weder bei hoher, noch bei niedriger Temperatur hervorruft. Die Versuche sind unter sehr günstigen Verhältnissen

auch bei hoher Lufttemperatur angestellt. Die Wasserquantitäten, welche getrunken worden waren, sind sehr erhebliche gewesen.

Anders verhält sich der Alkohol, wie durch die vorliegenden Versuche bewiesen ist. Die Steigerung der Wasserdampfausscheidung ist zweifellos, aber doch nicht so gross, dass man je auf empirischem Wege diesen Einfluss hätte erweisen können.

Am häufigsten steigern Getränke die Wasserdampfausscheidung, wenn sie über Blutwärme temperirt sind; ein derartiger Wärmeüberschuss übt seinen Einfluss auf den Organismus sehr rapid aus und er pflegt meistens auf die plötzliche Ueberwärmung mit Schweissausbruch zu antworten. So schnell wie gekommen, pflegt eine derartige Ueberwärmung auch in ihren Folgen sich wieder zu verlieren.

Da in allen Experimenten, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt, die Versuchspersonen 400 ccm Bier erhielten mit rund 12 bis 14 g Alkohol, so dürfen wir annehmen, dass wenn auch in bescheidenem Maasse überall eine geringe Alkoholwirkung zum Ausdruck kommt, vorausgesetzt, dass dieser habituelle Alkoholgenuss nicht etwa anders wirkt, wie die gelegentliche Aufnahme einer grösseren Menge Alkohols.

Von dem Alkohol geht ein Theil mit der Respiration zu Verlust, nach Binz etwa 3%, nach Strassmann bis 10%. Bei den kleinen in unserem Versuch angewandten Dosen, dürfte der Verlust durch die Athmung sehr gering gewesen sein. An eine Fehlerquelle in dem Sinne also, dass kleine Mengen von Alkohol in den Schwefelsäurekolben absorbirt worden wären, dürfte kaum zu denken sein. Wollte man auch bei Aufnahme von 90 g Alkohol, 10% = 9 g als Verlust rechnen und annehmen, dass diese ganze Menge zur Absorption gelange, was gar nicht erwiesen, so würde dies pro Stunde nur $^9/_6$ = 1,5 g ausmachen. Die Versuche beweisen also mit Sicherheit eine vermehrte Wasserdampfabgabe unter der Wirkung des Alkohols.

Vergleichende Untersuchung der Hautthätigkeit des Europäers und Negers, nebst Bemerkungen zur Ernährung in hochwarmen Klimaten.

Von

Max Rubner.

Ueber die biologischen Verhältnisse der in verschiedenen Klimaten lebenden Personen hat man sich früher von einem nur theoretisirenden Standpunkt aus mancher falschen Vorstellung hingegeben. Die Bewohner kalter Klimate dachte man sich als heisshungerige Menschen, welche, um die verlorene Wärme zu ersetzen, grosse Nahrungsquantitäten verschlingen, während die Bewohner tropischer Gegenden mit ungemein geringer Nahrungszufuhr auskommen sollten[1]).

Ganz ähnliche Vorstellungen hegt man vielfach noch über den Einfluss der Temperatur auf die Vorgänge der Erkältung, die man sich auch im »rauhen Klima« viel intensiver denkt als in warmen Klimaten.

Zunächst vergisst man bei allen derartigen Erwägungen, dass der Mensch niemals die ganze Härte eines Klimas auf sich wirken lässt. Im kalten Klima steckt er in der warmen Kleidung und zumeist in seinem schützenden Haus, und in den heissen Klimaten legt er an Kleidung ab, was möglich ist.

Die thatsächlich für die Wärmeökonomie bestehenden Ungleichheiten sind also überhaupt nach dem künstlichen Abgleich sehr geringe, nur durch unvorhergesehene Fälle kommt es zu einer kräftigen Wirkung auf unsern Körper selbst.

1) C. F. Becker, Wirkungen der äusseren Wärme und Kälte. Göttingen 1804. 57 ff.

Das Nacktsein wird auch von dem Europäer bei einer Temperatur von 25° ab[1]) im wachen Zustande und bei Windstille gut ertragen; ganz gewiss bestehen weitverbreitete falsche Vorstellungen über die »erkältende Wirkung« des Nacktseins. Allerdings ein Faktor wirkt leicht störend ein, die Bewegung der Luft. Im nackten Zustand sind wir besonders bei der unteren Temperaturgrenze sehr gegen Wind empfindlich, offenbar, weil dieser für die Verdunstung nicht ohne Bedeutung ist. Die Kleidung, wenn auch die leichteste, ist ein Desiderat, um Windschutz zu gewähren.

Werden also klimatische Einflüsse durch starke Bekleidung oder durch Nacktheit mehr oder minder eliminirt, so gibt es doch noch ein anderes wichtiges Element, das gleichfalls auf eine Nivellirung klimatischer Einflüsse hindrängt, die menschliche Arbeitsleistung. Ich habe in meinem Laboratorium in einer grösseren Versuchsreihe prüfen lassen, inwieweit bei gleichbleibender Arbeitsleistung Schwankungen der CO_2-Ausscheidung durch die Aenderungen der Lufttemperatur eintraten.[2]) Es wurde stündlich am Ergostaten 15000 kgm gearbeitet und die Temperatur zwischen 7,4—25° variirt. Ein Einfluss auf die Kohlensäure-Ausscheidung war nicht aufzufinden. Die gewählte Arbeit reicht also hin, jede Temperatureinwirkung zu beseitigen, insoweit diese etwa den Stoffumsatz treffen soll. Anders lag es mit der Wasserdampf-Ausscheidung, welche mit steigender Temperatur von 58 g pro Stunde auf 230 g stieg.

Man hat auch die Wirkung der chemischen Wärmeregulation zu einseitig auf die menschlichen Verhältnisse angewandt und die Bedeutung der anderen, dem Menschen zu Gebote stehenden Regulationsmittel zu gering angeschlagen. Auch die Nahrung kann neben der Arbeit ein Mittel sein, welches die Nothwendigkeit chemischer Regulationsmittel innerhalb weiter Grenzen entbehrlich machen kann.

Die Untersuchungen von Eijkmann über Stoffwechsel und Respiration in den Tropen, denen wir hauptsächlich eine wichtige

1) Von Manchen auch schon von 22° ab.

2) Wolpert, Archiv f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 632.

Darlegung dieser Verhältnisse verdanken, haben dargethan, dass die vielgenannte Bedürfnislosigkeit in Hinsicht auf die Nahrungsaufnahme in den Tropen gar nicht besteht. Sind die Lebensverhältnisse einigermaassen ähnlich denen der Heimath, dann stellt sich das Kraftbedürfnis auch in den Tropen nicht anders wie in der Heimath. Diese wissenschaftlich feststehenden Beobachtungen finden auch ihre weitere theoretische Stütze in dem, was ich soeben hinsichtlich der regulatorischen Vorgänge auseinandergesetzt habe.

Der in rauhen klimatischen Verhältnissen lebende schwedische Arbeiter zeigt von dem Arbeiter unserer Heimath wenige oder keine Unterschiede der Ernährung.

Wenn auch die stofflichen Vorgänge keinen derartigen Schwankungen unterworfen sind, wie man meinte, so wäre es doch irrig, die klimatischen Verhältnisse ganz nebensächlich zu behandeln; ganz werden dieselben durch Nahrung und Kleidung nicht in allen Fällen ausgeglichen, namentlich aber liegt eine wesentliche Verschiedenheit zwischen tropischen und einheimischen Verhältnissen, wie man aus den Temperatur- und Feuchtigkeitszahlen und unseren Experimenten über die Wasserdampfausscheidung schliessen muss, auf dem Gebiete der Wärmebilanz, der Art des Wärmeverlustes vor.

Daher schien es mir nicht ohne Interesse, die Frage der Wasserdampfausscheidung auch noch unter anderen Gesichtspunkten zu prüfen. Häufig genug kommt in manchen tropischen Klimaten die Luftwärme nahe der Blutwärme oder selbst über diese; wir besitzen heutzutage bereits recht umfangreiche meteorologische Daten in dieser Hinsicht.[1])

Aus den in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen zeigt sich zur Genüge, dass Temperaturen, welche über der normalen Bluttemperatur liegen, ganz gut, d. h. ohne nennenswerthe Belästigung und ohne Steigung der Bluttemperatur von dem Ruhenden ertragen werden, vorausgesetzt, dass seiner Wasserverdunstung kein Hindernis entgegentritt und die

---

1) Hann, Klimatologie.

Körperbeschaffenheit — die Magerkeit — für die Entwärmung günstige Verhältnisse bietet. Der Europäer gibt leicht genügend Schweiss bei der Verdunstung ab, um durch die Wärmebindung auf diesem Wege allein alle im Lebensprocess producirte Wärme zu binden.

Die Schweissdrüsen des Europäers sind nach dieser Richtung also recht gut geschult. Wir verdanken dieses, wie ich meine, einer gewissen Verwöhnung unserer Haut durch die traditionell übernommene Kleidung. Gewiss wäre es erwünscht, auch Versuche zu besitzen, welche über sehr lange Zeiträume sich ausdehnen. Wer aber die Schwierigkeiten derartiger Experimente kennt, wird zugeben, dass auch die vielstündigen Versuche uns vorläufig in der Erkenntnis zu fördern in der Lage sind.

Es ist gewiss nicht von der Hand zu weisen, dass hinsichtlich der Zahl und Leistungsfähigkeit der Schweissdrüsen grosse Verschiedenheiten vorkommen mögen. Durch die Experimente von Schattenfroh ist gezeigt worden, dass ein grosser Fettreichthum die Schweissdrüsen jedenfalls mehr in Anspruch nimmt und ihrer mehr bedarf als die einer mageren Person. In den meisten Lagen des Lebens wird ein Mensch mit starker Fettentwickelung der Wasserverdunstung von der Haut bedürftig sein. Vielleicht kommen auch Verschiedenheiten bei einzelnen Menschenrassen vor. Man könnte versucht sein zu glauben, dass bei Personen, die in tropischen Klimaten aufgewachsen sind, sich vielleicht im Vergleich zum Europäer ein verschiedenes Verhalten in der Wasserdampfabgabe zeigen möchte. Ich habe daher die Gelegenheit benutzt, an zwei Negern einige Experimente über die Wasserdampfausscheidung unter Bedingungen, welche einen Vergleich mit dem Europäer erlauben, anzustellen.

Die Ernährung der Neger, mit denen übrigens die Verständigung eine recht mangelhafte war, konnte nicht so geregelt werden, wie bei unseren anderen Versuchspersonen, aber es war dafür gesorgt, dass sie ihr gewöhnliches Frühstück mindestens eine Stunde vor dem Respirationsversuche verzehrt hatten und den Apparat ohne weitere Nahrung betraten.

Attang war ein Kamerunneger, Diener bei Lieutenant D., wohlgenährt; Alter unter 20 Jahren, nicht genau festzustellen.

Jonas Andi, gleichfalls aus Kamerun, etwa 25 Jahre alt, war als Fleischergeselle in dem Vororte R. thätig.

Beide wurden nackt untersucht. Der vielbehauptete üble Geruch dieser Leute erwies sich auch in unseren Experimenten als kein leerer Wahn, und es bedurfte immer eine längere Zeit, ehe der Respirationsraum wieder frei war von fremdartigen Riechstoffen.

Die Experimente sind nachstehend angeführt.

Tabelle I.

Versuche an Negern.

Versuchsperson	Nackt od. bekleidet	Nummer d. Vers.	Datum	Temp.	Feuchtigkeit	CO_2 pro Stunde	Wasser pro Std.	Ventilat. des Kastens	Dauer d. Versuchs	Bemerkungen
			1897							
Jonas Andi	Nackt	201	26. Juli	26,1	45	27,5	30	119 480	4	67 kg
		197	22. »	26,4	52	30,5	69	110 870	4	66 »
		194	19. »	32,8	44	29,2	122	131 370	4	66,5 »
		192	15. »	33,8	42	29,8	—	178 240	4	67 »
	Bekl.	203	28. »	26,1	46	28,1	43	118 500	4	66,5 »
		199	24. »	26,9	52	30,8	70	117 450	4	67 »
Attang	Nackt	190	13. »	32,5	44	25,0	63	111 800	3	52,5 »
		191	14. »	34,9	45	26,7	91	144 270	3,5	53 »

Die Temperatur 26° wurde nackt recht gut ertragen. Die beiden Personen hatten aber unbedingt Schlafneigung. Zur besseren Uebersicht sind die Experimente noch mit den in derselben Zeitperiode mit der Person Br. angestellten Versuchen zusammengestellt.

(Siehe Tabelle II auf S. 153.)

Um einen besseren Vergleich zu ermöglichen, wurden auch die Werthe pro 1 Kilo Körpergewicht berechnet. Der Neger Andi gab nackt bei 26° etwas weniger CO_2 ab als der Europäer, bei 33° dagegen ebenso viel. Die Wasserausscheidung war bei 26° ein wenig kleiner, bei 33 bis 34° genau so gross als beim Europäer.

Tabelle II.

Person		Kilo Gewicht	Temperatur	CO_2 pro Std.	Wasser in Gramm	Pro Kilo CO_2	Pro Kilo H_2O
Mann (Europäer)	bekleid.	58,7	13,8	27,4	54,2	4,66	8,23
		59,5	26,6	26,6	53,2	4,46	8,94
		59,2	33,0	26,2	99,0	4,42	16,70
	nackt	59,5	25,7	23,41	36,7	3,93	6,17
		59,2	34,0	27,15	108,2	4,58	18,27
Attang, Neger (nackt) . .		52,7	33,7	25,85	77,0	4,92	14,68
Andi	bekleid.	67	26,4	29,4	56,5	4,42	8,49
	nackt	67	26,2	29,0	49,5	4,33	7,39
		67	33,7	29,6	122,0	4,44	18,29

Die Unterschiede sind in beiden Fällen ganz belanglos. Bei 24° war im bekleideten Zustand gleichfalls so gut wie kein Unterschied zu finden.

Der Neger Attang lieferte bei 34° etwas mehr Kohlensäure als die andern Personen, was mit seinem geringen Körpergewicht zusammenhängen kann. Hinsichtlich des Wassers stand er etwas hinter seinem Stammesgenossen wie auch hinter dem Europäer zurück.

Unter den gegebenen Bedingungen liessen also die beiden Neger keine nachweisliche Verschiedenheit erkennen. Jedenfalls bedarf es, wenn Unterschiede bestehen, wegen ihrer offenbar nicht sehr hervortretenden Grösse, langdauernder Versuchsreihen. Dieselben werden sich aber offenbar auf noch weit höhere Temperaturgrade beziehen und in dem Sinne angestellt werden müssen, ob die maximalste Leistung der Negerhaut bei hohen Hitzegraden und Feuchtigkeitsgraden eine andere ist.

Unter der Annahme, dass die Kohlensäureausscheidung zur Schätzung der Wärmeproduction verwendet werden kann, würde bei 33 bis 34°

der	Europäer	87,1 %
»	junge Neger	63,9 »
»	ältere »	87,7 »

des Wärmeverlustes durch Wasserverdampfung erzielt haben[1]). Was den Unterschied bei dem jungen, kleinen Neger veranlasst haben kann, ist schwer zu sagen; das ungewöhnlich niedrige Körpergewicht, der ungleiche Fettreichthum mögen vielleicht in Frage kommen.

Die starke Schweisssecretion kann bei hohen Temperaturen eine nicht unbeträchtliche Ausscheidung von N durch die Haut mit sich bringen.

Cramer[2]) hat in meinem Laboratorium gefunden, dass bei starker Arbeitsleistung, pro Tag berechnet, bis 1,88 N abgegeben wurden. Aehnliche Zahlen hat Eijkmann in Batavia erhalten.

Die Schweissmengen beim Europäer können aber weit grössere werden, als bis jetzt angenommen.

In zahlreichen Versuchen haben die Experimente der letzten Jahre gezeigt, dass der Europäer mit Leichtigkeit soviel Schweiss erzeugt und verdunstet, dass er seine gesammte Wärmeabgabe durch die Wasserverdunstung deckt ohne Aenderung der Eigentemperatur. Die Wasserverdunstung kann dabei die Menge des an Harn und Koth ausgeschiedenen Wassers um ein Mehrfaches überschreiten.

Während hinsichtlich des Gesammtstoffwechsels von Personen, die in den Tropen leben, kein Unterschied im Verhältnis zu Personen in der gemässigten Zone besteht, kann kaum geleugnet werden, dass in der Wahl der Nahrungsmittel doch Verschiedenheiten bestehen, insoferne die vegetabilischen Nahrungsmittel dort, wo der eingewanderte Europäer keinen Einfluss übt, im wesentlichen bevorzugt werden. Dies prägt sich dann in einer gewissen Fettarmuth der Kost und einem Ueberwiegen der Kohlehydrate aus.

Dass wir in der Vertheilung der Kost auf weit grössere Verschiebungen der einzelnen Nahrungsstoffe stossen können, als

---

1) 1 CO_2 = 2,82 Cal.

Europäer	76,7 Cal. :	64,8 aus Wasser
junger Neger . . .	72,7 » :	46,2 » »
alter Neger	83,5 » :	73,2 » »

2) Cramer, Archiv f. Hygiene, Bd. X, S. 269.

man früher gemeint hat, haben meine vor vielen Jahren unternommenen Studien über die calorimetrischen Verhältnisse der Kost zuerst überzeugend dargethan.

Es scheint mir nicht ohne Interesse, der Frage etwas näher nachzugehen, ob nicht gewisse Beziehungen der Nahrungsstoffe zur Wärmeökonomie und zur Bilanz des Wasserstoffwechsels auf die Wahl derselben von Einfluss sein können.

Die einzelnen Nahrungsstoffe haben offenbar ganz verschiedene Bedeutung für die Wasserbilanz, was sich durch Rechnung zeigen lässt. Ich wähle zum Vergleich Fleisch, Fett, Rohrzucker und Citronensäure.

100 Thl. Fleisch (trocken) geben nach Abzug der Bestandtheile von Harn und Koth 39,2 g C und 4,8 g H zur Oxydation. Letztere liefern 43,2 g H_2O = 400 Cal. an Wärme.

Es möge zuerst für den Fleischfresser das Verhältnis berechnet sein:

Auf 100 Thl. Fleisch (trocken) treffen 3,46 g Koth (trocken), die frisch mindestens 10,5 g Wasser einschliessen — beim Hunde. Der Hundeharn ist ungemein concentrirt; nach den Angaben von Voit, mit denen meine älteren und neueren Beobachtungen übereingehen, sind pro 1 g N mindestens 20,6 Thl. Wasser im Harn anzunehmen.

Für die Abfallproducte von 100 Thl. trockenes Fleisch sind mindestens 323,6 g Wasser zur Lösung nöthig, dazu 43,2 g Oxydationswasser.

100 Thl. trockenes Fleisch entsprechen bei 23% Trockensubstanz

frischem Fleisch	= 434,6 g
	— 100,0 »
Frisches Fleisch enthält dann Wasser	344,6 g
davon sind nöthig für Harn und Koth	323,6 g
bleiben zur Verdunstung	11,0 g
hierzu Oxydationswasser	43,2 »
im ganzen	54,2 g,

also für 400,0 Cal.-Verbrennungswerth 54,2 g Wasser zur Verdunstung **pro 1 Cal. = 0,135.**

Also nur 0,135 g Wasser würden, pro Calorie der Fleischzufuhr berechnet, vorhanden sein, die Wasserverdampfung durch die Lungen und Haut zu decken, während pro Cal. der Zufuhr 0,804 g Wasser zur Lösung der Abfallstoffe dienen.

Rohrzucker, Fett, die Pflanzensäure liefern im grossen und ganzen keine für Wasserverbindung in Betracht kommenden Zerfallsproducte, es steht direct das Oxydationswasser für die Wasserverdunstung zur Verfügung.

Pro	1	Cal.	bei Rohrzucker	0,144	g H_2O
»	1	»	» Fett	0,110	» »
»	1	»	» Citronensäure	0,151	» »

Die einzelnen Nahrungsstoffe verhalten sich im Hinblick auf die Wasserbilanz also höchst ungleich, dem Fleisch müssen von dem der frischen Substanz beigemengten Wasser pro Cal. 0,804 g zugefügt werden, wenn es annähernd soviel zur Wasserverdunstung durch Haut und Lungen beitragen soll, wie die anderen beispielsweise angeführten Stoffe.

Legt man die berechneten Zahlen für Fleisch zu Grunde und vergleicht, wie ein Hund das Wasserbedürfnis mit Fleisch zu decken im stande sei, so finde ich, dass der Fleischfresser bei mittlerer Feuchtigkeit und unter 20° Lufttemperatur liegenden Wärmegraden ohne Wasserzufuhr auskommen kann. Dies entspricht auch der sonstigen Erfahrung.

Bei dem Menschen liegen die Verhältnisse etwas anders. Der menschliche Harn erreicht nicht die hohen Concentrationsgrade des Hundeharns; bei meiner Fleischkost fand ich im Minimum auf 1 Thl. ausgeschiedenen N 42 Thl. Wasser in Harn und Koth zusammen genommen. Das ändert das Rechnungsergebnis wesentlich.

Für Fleisch ergibt sich dann:

100 Thl. trockenes Fleisch . .	= 434,6 g frisches
	— 100,0 »
	= 334,6 g Wasser.
15,4 g N bedürfen zur Lösung der Abfallproducte 15,4 × 42	= 646,8 »

Ueberhaupt vorhanden incl.	334,6 g
Oxydationswasser . . . . +	43,2 »
	377,8 g
Somit noch ausserdem zuzuführen	269,0 »

Auf 1 Cal. ist bei Fleisch ausser dem in der frischen Substanz enthaltenen Wasser noch $\frac{269}{400} = 0{,}672$ g Wasser pro 1 Cal. zuzuführen.

Für die Wasserverdunstung steht also überhaupt kein Wasser zur Verfügung[1]).

Im Ganzen sind pro 1 Cal. (Fleischwasser und anderweitige Zufuhr) 1,509 g Wasser nothwendig.

Demgegenüber tritt bei Fett, Kohlehydrat, Pflanzensäure der Vortheil in die Augen, dass sie nicht nur nicht derartige Ansprüche an die Wasserzufuhr erheben, sondern sogar ihr nicht unerhebliches Oxydationswasser bei wasserfreier Zufuhr dem Organismus zur Verfügung stellen.

Am Bedeutungsvollsten zeigt sich der Unterschied im Werthe der Nahrungsstoffe, wenn das Wasser allein die Rolle der Entwärmung des Organismus übernimmt, also bei Blutwärme-

Für diesen Fall muss für 1 Cal. aufgenommene und in Zersetzung gerathende Nahrung gerade soviel Wasser vorhanden sein, um 1 Cal. an Wärme zu binden, d. i. 1,666 g. (1,666 g Wasser $\times$ Verdampfungswärme $= 0{,}6 = 1$.)

Der zuzuführende Wasserbedarf ist dann folgender für den Menschen: pro 1 Cal. der Zufuhr berechnet:

Tabelle III.

	Wasser für Harn und Koth	Wasser für die Verdunstung nöthig	Wasser im Ganzen
Fleisch	1,509	1,666	3,175
Fett	—	1,556	1,556
Rohrzucker	—	1,523	1,523
Citronensäure	—	1,515	1,515

1) Zu dem grösseren Wasserbedarf bei Fleischkost trägt auch unsere Sitte, Fleisch mit Salz zu geniessen, mit bei.

Nimmt man den Tagesbedarf der ruhenden Menschen nach meinen Bestimmungen zu 2400 Cal., so würde die Wasserzufuhr total betragen müssen

bei	Fleisch	7620 g
»	Fett	3734 »
»	Rohrzucker	3655 »

Der ausschliesslich von frischem Fleisch Lebende würde also gerade einen doppelt so grossen Wasserbedarf haben, wie der mit Fett oder Kohlehydraten Genährte. Noch ungünstiger stellt sich gekochtes und gebratenes Fleisch. Die günstige Wirkung einer eiweissarmen Kost tritt uns also lebhaft entgegen.

Auch wenn rohes Fleisch genossen würde, müssten noch täglich 5614 g Wasser ausserdem getrunken werden, während ausser den 255 Fett (= 2400 Cal.) noch 3734, und neben 500 g Rohrzucker (= 2400 Cal). nur 3655 Wasser nöthig sind.

Die stark wasserhaltigen Früchte entsprechen ohne weitere Wasserzugabe am besten einer solchen Ernährungsaufgabe und liefern ohne weitere Getränke ausreichende Flüssigkeitszufuhr. Die Bevorzugung solcher Nahrungsmittel hat auch den nicht zu unterschätzenden Werth, dass eben der Bedarf an Wasser, dessen Natur und sanitäre Beschaffenheit zur heissen Zeit nicht immer unbedenklich ist, ganz oder fast ganz beseitigt werden könnte.

Wählt man ein Nährstoffverhältnis, wie es dem europäischen Geschmacke passt, so sind darin enthalten nach meinen Untersuchungen 16,7 % der Calorien an Eiweiss, 16,3 an Fett, 66,9 an Kohlehydraten; man würde unter den obigen Voraussetzungen pro 1 Cal. im Durchschnitt 1,803 g Wasserbedarf berechnen

= 4327 g pro 2400 Cal. als Tagesbedarf, wozu noch
74 » für die bei gemischter Kost mit dem Koth ausgeschiedene reichliche Wassermenge

= 4401 g im Ganzen.

Mit zunehmender Verminderung der Eiweiss- bezw. Fleischzufuhr würde dieser Bedarf erheblich sinken. Ich erinnere daran, dass man bei Kartoffelkost[1]) einen Erwachsenen mit 34 bis 36 g

1) Handbuch der Ernährungstherapie, Bd. I, S. 129.

Eiweiss ins Gleichgewicht bringen kann. Wird der Eiweissstoff von wenig mit dem Harn austretenden, daher Wasser bindenden Extractivstoffen begleitet, so würde auch im Hinblick auf den Wasserbedarf dies günstiger sein als die Fleischzufuhr.

Grosser Eiweissreichthum würde auch aus anderen Gründen wenig sich eignen, wenn hohe Temperaturen ertragen werden sollen, weil Eiweisszufuhr, wie ich zuerst bewiesen habe, die Wärmebildung am meisten steigert.

Wenn Sitte und Gewohnheit in tropischen Gegenden ein Zurücktreten der Animalien, namentlich des Fleisches, erkennen lassen, würde hierin ein für die Regulirung der Wasserbilanz günstiger Einfluss zu sehen sein.

Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse.

Von

Dr. **Oskar Spitta,**
Assistenten am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

(Mit Tafel II.)

I. Theil. Flussplankton.

Seit dem Jahre 1887, in dem Hensen seine Arbeiten »Ueber die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren« veröffentlichte, hat man diesem »Plankton« rege Aufmerksamkeit zugewandt. Nachdem man zunächst die Hensen'schen Methoden der qualitativen und quantitativen Planktonforschung nur auf die Meere ausgedehnt hatte, begann man bald auch das Süsswasser in den Bereich dieser Untersuchungen zu ziehen. Es war naturgemäss, dass sich diese Untersuchungen zunächst den grossen Seen zuwandte. Die Gründung von Süsswasserstationen liess denn auch nicht lange auf sich warten. So entstand 1892 die Plöner Station, später eine Station am Müggelsee u. a. m. (Ungarn, Finnland, Nordamerika). Eine Ausdehnung der Hensen'schen Methode auf die Flüsse scheint bisher nur in wenigen Fällen stattgefunden zu haben.

Herr Geheimrath Rubner hatte nun den Gedanken, dass diese Hensen'schen Methoden der Planktonuntersuchung sich auch für die Lösung hygienischer Fragen verwerthen lassen

müssten, also im Speciellen für die Frage der Flussverunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Es konnte dabei natürlich nicht unsere Aufgabe sein, in der eingehenden Weise des Botanikers vorzugehen, schon aus dem einfachen Grunde, weil dazu selbstverständlich eingehendere und gründlichere botanische und zoologische Studien und Kenntnisse nothwendig sind, als man sie sich als Mediciner verschaffen kann. Es kam für uns aber auch gar nicht auf Details der Untersuchung an. Wenn wir einen Ueberblick gewinnen konnten über die allgemeine Zusammensetzung des treibenden schwimmenden Materials des Flusses an verschiedenen Stellen seines Laufes, und zu verschiedenen Jahreszeiten, so konnten wir unsere Aufgabe als gelöst betrachten.

Dass das Plankton für die Beurtheilung eines Flusses vom hygienischen Standpunkte aus eine grosse Rolle spielt, ist zweifellos. Diese Bedeutung tritt um so deutlicher hervor, wenn es sich um einen durch eine Grossstadt verunreinigten Wasserlauf handelt, und so war auch hier wieder die Spree für uns ein gelegenes Untersuchungsobject. Zum Vergleich wurde später eine einmalige Untersuchung des Rheines bei Köln angefügt.

Alle Stoffe, die in einem Flusslaufe heruntertreiben, mögen sie nun belebte oder todte, organisirte oder amorphe Massen sein, verfallen entweder dem Schicksal der Zersetzung und Zerstörung, oder der Sedimentirung. Das Plankton kommt als Quelle für die Sedimentbildung in einem Flusse sehr wesentlich in Betracht, und da die Grösse der Sedimentbildung für die Beschaffenheit eines Flusses von grosser Bedeutung ist, so ist es wohl angebracht, auf das Plankton selbst, seine Zusammensetzung und Quantität, sein Augenmerk zu richten.

Von eingehenderen Untersuchungen über die Flora und Fauna eines Flusses sind mir nur die von Rhein[1]) und Elbe[2]) bekannt. Ausserdem sind meines Wissens noch an der Oder Studien über

1) Schenk, Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines. Festschrift f. Pettenkofer, 1893, S. 121.

2) Schorler, Die Vegetation der Elbe bei Dresden und ihre Bedeutung für die Selbstreinigung des Stromes. Zeitschr. f. Gewässerkunde, 1898 u. 1900.

das thierische und pflanzliche Plankton angestellt worden,[1]) sowie über das thierische Plankton an der alten Donau bei Wien[2]).

Diese Untersuchungen sind fast nur qualitativer Art, vom Standpunkt des Botanikers und Zoologen aus geschrieben.

Bei Rhein und Elbe werden nacheinander die phanerogamen Wasserpflanzen, die Moose, die chlorophyllfreie Wasservegetation (Spaltpilze, Saprolegniaceen) und die Algen beschrieben, kurz alles, was im Strome und am Stromufer vorkommt.

Gewiss lassen sich aus solchen qualitativen systematischen Untersuchungen Schlüsse auf die Bedeutung der Vegetation für die Selbstreinigung ziehen und sind auch mit Recht gezogen worden (Bedeutung der chlorophyllfreien saprophytischen Vegetation: Beggiatoa, Leptomitus lacteus etc.). Quantitative Untersuchungen lassen sich aber mit den festsitzenden Algen und Wasserpilzen nicht anstellen, wohl aber mit der im Wasser treibenden Flora. Es war zu hoffen, dass bei der quantitativen Untersuchung des pflanzlichen (und thierischen) Planktons des Flusses sich doch Verschiedenheiten ergeben könnten, welche auf die Bedeutung dieses Planktons für die Flussselbstreinigung Licht werfen würden. In diesem Sinne und mit Beschränkung auf dieses Gebiet unternahm ich auf Anregung von Herrn Geheimrath Rubner im September 1898 die Untersuchung der Spree und der Havel bei Berlin, sowie eine einmalige Untersuchung des Rheines von Marienburg bei Köln bis Vollmerswerth; eine des Weiteren projectirte Untersuchung der Leine bei Hannover musste leider wegen der sich in den Weg stellenden mannigfachen äusseren Schwierigkeiten unterbleiben.

Als Untersuchungsmethode verwendete ich die Hensen'sche Planktonmethode, wie sie von Apstein[3]) geschildert und angegeben wird. Ich

1) Zimmer, Das thierische Plankton der Oder. Schröder, Das pflanzliche Plankton der Oder. Forschungsberichte aus der biolog. Station zu Plön, Theil 7, 1899.

2) Steuer, Das Zoo-Plankton der alten Donau bei Wien. Vorläuf. Mittheil. Biol. Centralblatt, 1900, Nr. 1.

3) Apstein, Das Süsswasserplankton. Methode und Resultate der quantitativen Untersuchung. Kiel und Leipzig, 1896.

bediente mich des kleineren quantitativen Planktonnetzes mit einer oberen Oeffnung von 92 qcm und verfuhr wie unten beschrieben. Das quantitative Planktonnetz besteht aus drei Theilen:

1. dem eigentlichen filtrirenden Netz, welches, aus besonderer feiner seidener Müllergaze hergestellt, an einem Messingringe von 25 cm Durchmesser befestigt ist. Jede Masche des Netzes hat eine Seitenlänge von 0,053 mm, so dass nach Apstein's Angaben »fast alle Organismen aus dem Wasser zurückgehalten« werden;

2. dem conischen Aufsatze oberhalb des Messingringes. Derselbe besteht aus Barchent, ist 20 cm hoch und wird oben durch einen Messingring von 10,8 cm Durchmesser abgeschlossen;

3. dem filtrirenden Eimer, ein 12 cm langer Messingcylinder, dessen Seiten bis auf drei schmale Stäbe herausgenommen sind. Die Zwischenräume sind durch Seidengaze gebildet. Oben und unten bleibt jedoch ein 3 cm hohes Stück ganz. Das obere Stück dient zum Anschrauben an den filtrirenden Theil, das untere ist eimerförmig geschlossen und mit einem Ablasshahn versehen. Das ganze Netz hängt in drei Schnüren, die nach oben verschmelzen. Hat man den Eimer angeschraubt und den Hahn geschlossen, so lässt man das Netz langsam bis zu der gewünschten Tiefe, welche man an der Halteschnur abmessen kann, in's Wasser herab oder so tief herab, bis die Eimerspitze gerade den Flussboden berührt. Nunmehr wird das Netz senkrecht in die Höhe gezogen und zwar mit einer Geschwindigkeit von $^1/_2$ m pro Secunde (Controle mit der Secundenuhr!). Das Wasser läuft, nachdem das Netz an die Oberfläche gebracht ist, ab, durch rüttelnde und schüttelnde Bewegungen spült man alles der Innenfläche des Netzes Anhaftende leicht von der glatten Seidengaze in den Eimer herunter, sodass schliesslich das gefischte Material in ca. 40 ccm Wasser gesammelt im Eimer zurückbleibt. Durch Oeffnen des Hahnes lässt sich dasselbe in eine Flasche abfüllen. Mit einer Spritzflasche wird alles Restirende dann noch in die Aufbewahrungsflasche übergespritzt.[1])

Um grössere Ausbeute zu erhalten, habe ich an den meisten Stellen vier Züge von bestimmter Tiefe gethan (Einzelheiten s. Tabelle) und die Fänge dann vereinigt. Zur Conservirung der Fänge habe ich meistens die Zugabe von einigen Cubikcentimetern Formalin benutzt, einige Male auch die von Apstein empfohlene Pikrinschwefelsäure und 60 proc. Alkohol. Letzterer zieht das Chlorophyll des Fanges stark aus, so dass die mikroskopische Beobachtung und Bestimmung der einzelnen Formen erschwert werden kann. Andererseits ergibt die entstehende Intensität der grünen Farbe eine ziemlich gute Vorstellung von der Menge des vorhandenen Chlorophylls. Es wäre vielleicht nicht unmöglich, auf spectrophotometrischem Wege über dieselbe genauere Auskunft zu erhalten.

Um zu erkennen, aus welcher Wassermenge das gefischte Material stammt, stellt Apstein folgende Rechnung an: Setzte das Netz dem Wasser

---

1) Gröbere, makroskopisch erkennbare Theile waren natürlich vom Fange ausgeschlossen.

keinen Widerstand entgegen, so würden, da die obere Oeffnung des Netzes 92 qcm gross ist, bei einer Zughöhe von 100 cm 92 × 100 = 9200 ccm Wasser hindurch gegangen sein. In Wahrheit ist aber weniger durch das Netz filtrirt worden. Um die richtige Fangmenge aus der theoretisch berechneten Wassermenge zu erhalten, muss die gefundene Masse mit dem Netzcoëfficienten multiplicirt werden. Derselbe ist für das angegebene Netz und $^1/_2$ m Zuggeschwindigkeit pro Secunde von Apstein mit 1,39 berechnet, d. h. wenn ich 1 ccm Plankton fische, so sind in dem betreffenden Wasservolumen thatsächlich 1,39 ccm vorhanden gewesen. Neuerdings übrigens wird behauptet, dass der Filtrationscoëfficient veränderlich sei je nach der Zusammensetzung des Planktons und der Grösse der zu filtrirenden Wassersäule. Er soll zwischen 1,5 und 4,8 schwanken,[1]) d. h. mit der Grössenzunahme der Wassersäule wachsen. Da ich die überwiegende Mehrzahl meiner Fänge aus 2 m Tiefe gemacht habe, so dürften — die Richtigkeit der Kofoid'schen Untersuchungen vorausgesetzt — meine Resultate doch genügend gut vergleichbar sein.

Die Behandlung des Fanges kann nun eine dreifache sein. Entweder man misst ihn, oder man wägt ihn, oder man zählt ihn aus. Ich habe die beiden ersten Methoden bei allen Fängen aus Spree und Havel angewandt, die nicht durch Sand u. dergl. verunreinigt waren. Nur in 7 Fällen (laufende No. 90 bis 96) ist versehentlich die Messung unterblieben.

Zur Messung werden die in Wasser suspendirten Massen in schmale hohe Messcylinder übergespült und 24 Stunden absitzen gelassen. Gemessene kleine Theile der Suspension wurden zur mikroskopischen Untersuchung resp. Zählung verwendet. Nach der Messung wurde das überstehende Flusswasser durch destillirtes Wasser ersetzt, mit Hilfe desselben der ganze Fang ausgewaschen, in gewogene Schalen oder Tiegel übergespült, auf dem Wasserbade abgedampft, bei 110° getrocknet und gewogen. Der Rückstand wurde verascht, mit kohlensaurem Ammoniak befeuchtet, abgedampft und bei 110° abermals getrocknet und gewogen.

Schliesslich wurde bei den drei letzten Untersuchungen der Spree und der einen Untersuchung des Rheines eine Zählung der Organismen nach Hensen's Methode vorgenommen (s. u.).

In der Übersichtstabelle am Schluss finden sich die Werthe für Trockensubstanz und Volumen, mit Hilfe des Netzcoëfficienten auf 100 l Wasser umgerechnet, angegeben, ebenso der Aschegehalt der Planktontrockensubstanz in Procenten. Zugleich finden

1) Kofoid, On some important sources of error in the plankton method. Science, N. S., Vol. VI, Nr. 153, 1897, cit. nach Fuhrmann, Biol. Centralbl., 1899.

sich in der Uebersichtstabelle kurze Angaben über makroskopisches und mikroskopisches Aussehen der Fänge.

In einer zweiten Tabelle (S. 169—171) habe ich die Werthe für Trockensubstanz und Volumen geordnet nach den Entnahmestellen zusammengeschrieben.

Betrachtet man die Zahlen für Volum und Trockensubstanz, so sieht man, dass die für 100 l Wasser gefundenen Grenzwerthe weit auseinander liegen. Das niedrigst gefundene Volum betrug 0,15 ccm (Nr. 52), das höchste 75,5 (Nr. 75), die niedrigste Trockensubstanz 0,003 g (Nr. 38), die höchste 10,600 g (Nr. 75). Werthe, die diesen Grenzzahlen nahe liegen, sind selten. Die gewöhnliche Breite liegt für das Volumen des Fanges aus 100 l Wasser zwischen 0,5 und 11 ccm. Diese Zahlen werden nach unten nur zweimal (Nr. 38 und 52), nach oben achtmal überschritten (Nr. 3, 7, 43, 75, 77, 99, 100, 103). Für die Trockensubstanz liegt die gewöhnliche Breite zwischen 0,018 und 0,343 g pro 100 l Wasser. Diese Zahlen werden nach unten nur dreimal (Nr. 38, 52, 65), nach oben neunmal (Nr. 3, 13, 35, 43, 66, 75, 77, 99, 103) überschritten. Wenn daher für gewöhnlich die Menge des Planktons, d. h. des suspendirten Materials, nicht in allzu grossen Grenzen schwankt, so muss man doch sagen, dass die Masse desselben eine recht wechselnde ist. Immerhin kann man versuchen, Regelmässigkeiten herauszufinden, einmal für das betreffende Flussgebiet, dann für bestimmte Stationen eines Flusses und für die Jahreszeit.

I. Die Flussgebiete.[1])

1. Die Havel.

Die Entnahmestellen waren: am Eiswerder und Jörsfelde (obere Havel), Tiefwerder, Gatow, Cladow (untere Havel).

Das Plankton von diesen Stellen ist meist eine helle gelbgrünliche oder gelbbräunliche, leichte, lockere, flockige Masse, welche zum überwiegenden Theil aus Algen und Diatomeen besteht. Amorphes organisches Material und Detritus sind wenig

1) Vgl. die beifolgende Skizze.

in demselben vertreten. Die Menge des Planktons an diesen Stellen ist eine verhältnismässig kleine. Nur für Tiefwerder, wo die Havel verengt zwischen stark besiedelten Ufern durchströmt, gilt das nicht, hier findet sich auch viel organischer Detritus.

Die Menge der Trockensubstanz bei sechs Fängen beim Eiswerder und Jörsfelde schwankte nur zwischen 0,019 und 0,076 g pro 100 l, das Volumen dagegen zwischen 0,7 und 4,7, bei einem siebenten Fang (11. September 1899) waren die Mengen, in Folge enormen Algenreichthums fast 100fach so gross (2,304 g Trockensubstanz, 18,3 ccm Volum).

Die untere Havel (abgesehen von der Station Tiefwerder) zeigte ähnliches Verhalten. Die Werthe für Trockensubstanz lagen bei ihr zwischen 0,013 und 0,034, das Volum zwischen 0,7 und 0,9.

Im Tegeler See, welchen man zur oberen Havel rechnen kann, fand ich 0,090 g und 3,8 ccm als Werthe.

2. Die Spree (von Spindlersfeld bis Spandau).

Das Aussehen des Fanges unterscheidet sich meist schon bei oberflächlicher Betrachtung von den Massen aus der Havel. Die Massen lagern sich im Messcylinder fast stets dichter zusammen, zeigen kein flockig-wolkiges Verhalten und sind dunkler gefärbt. Braungelb, braun, grünschwarz, schwarz sind die hier vorherrschenden Farbennüancen. Die grünlichen Mischungen finden sich hauptsächlich im Sommer und Herbst (Wasserblüthe). Im Allgemeinen ist in der Oberspree nahe dem Müggelsee eine etwas hellere Farbe vorherrschend, die dann vor, innerhalb und unterhalb der Stadt dunkel wird. Was die Mengen anlangt, so sind die Schwankungen hier grösser und machen die verschiedenen Entnahmestellen und die verschiedenen Jahreszeiten ihren Einfluss geltend. (0,028 bis 0,341 g Trockensubstanz).

Mikroskopisch findet man viel todtes organisches Material, meist unbestimmbarer Herkunft, häufig pflanzlicher und thierischer Natur.

Bei Spandau, am Zusammenfluss von Spree und Havel, findet sich die Mischung der beiden Wässer häufig auch im Plankton makroskopisch und mikroskopisch ausgeprägt. Die Massen sind meist lockerer, heller, zeigen aber bei Vergrösserung fast immer mehr oder minder reichlichen Detritus.

3. Der Müggelsee.

Das Plankton des Müggelsees besteht in noch höherem Maasse wie das der Havel aus reiner Algen- und Diatomeenmasse (abgesehen von niederen Thieren). Die Fänge sind daher hellgelb, grüngelb, grün, sehr zart und locker. Die Menge des Planktons ist eine recht geringe. Ich fand im Müggelsee die niedrigsten Zahlen von allen meinen Untersuchungen (0,003 bis 0,041 g; 0,2 bis 2,4 ccm).

4. Die Dahme.

Die Dahme oder wendische Spree, die sich mit der aus dem Müggelsee kommenden eigentlichen Spree bei Cöpenick vereinigt, zeigt im Allgemeinen der Spree gegenüber keine wesentlichen Unterschiede, soweit die beiden ausgeführten Untersuchungen einen Schluss zulassen.

5. Der Landwehrkanal.

Auch hier stehen mir zwei Untersuchungen zur Verfügung. Das Plankton zeichnete sich durch dichte, dunkle Beschaffenheit, starken Detritusgehalt und Reichthum an niederen Thieren aus.

II. Einfluss der Entnahmestellen innerhalb des gleichen Stromgebietes.

1. Havel.

Wie bereits oben bemerkt, machte sich der Einfluss der Uferbesiedelung bei Tiefwerder geltend. Die Havel ist hier stark verengt und hat einen grossen Theil von Spandau passirt. Erst ca. 2 km weiter südlich tritt plötzlich eine Verbreiterung des Stromes bis um etwa das 10fache ein, zugleich tritt der Strom in ein mit Ansiedelungen nur spärlich bedecktes Gelände (Gatow). Die Trockensubstanz des Fanges sank in einem Falle von 0,200 (Tiefwerder) auf 0,032 g (Gatow) im anderen von

0,077 auf 0,034; die Volumina von 3,3 auf 0,7 und 2,6 auf 0,9 ccm. Ein sicherer Vergleich zwischen oberer und unterer Havel ist nicht möglich, weil die Untersuchungen leider nicht auf den gleichen Tag fallen. Man darf nach den vorliegenden Zahlen aber wohl annehmen, dass die Unterschiede zwischen beiden nennenswerthe nicht sein werden.

2. Spree und Dahme.

Es finden sich in der Spree einige Entnahmestellen, an denen — jedoch nicht ausnahmslos — die Menge des Fanges gewöhnlich grösser ist als an den anderen Stellen.

Als solche Stellen möchte ich bezeichnen in der Oberspree die Mündung der Wuhle und des Grenzgrabens. An der Unterspree Ebertsbrücke und am Verbindungskanal, vielleicht auch Mühlendamm und Moltkebrücke.

Da sich die Untersuchungen auf ein weites Flussgebiet ausdehnen mussten, und die Zeit meistens nur zur Bewältigung eines Theiles dieses Gebietes bei jeder Fahrt ausreichte, so fallen naturgemäss auf die einzelnen Stationen relativ wenig Untersuchungstage, und es können aus den wenigen Zahlen Schlüsse nur mit einiger Reserve gezogen werden. Dennoch glaube ich, werden auch dem unbefangenen Beurtheiler oben genannte Stationen durch ihre höheren Werthe auffallen.

(Siehe Tabelle I auf S. 169, 170 u. 171.)

Nach den niedrigen Zahlen bei Grünau und im Müggelsee ist die erste Steigerung (von Kietz und Cöpenick zunächst abgesehen) an der Wuhlemündung deutlich. Die Werthe liegen hier zwischen 0,092 und 0,144 g Trockensubstanz für 100 l. Auf der nächsten Station Wilhelminenhof sind an allen vier Untersuchungstagen die Werthe wieder beträchtlich gesunken (auf 0,021 bis 0,112), darauf abermaliger Anstieg in drei Fällen bis zur nächsten Station (Chemische Fabrik von Kuhnheim), weiteres Anwachsen (in drei Fällen) bis zur Einmündung des Grenzgrabens. Dann gehen die Werthe im Allgemeinen wieder herab, verhalten sich aber doch an den gleichen Stellen an verschiedenen Untersuchungstagen im Einzelnen verschieden. Dann finden wir

(Fortsetzung des Textes auf S. 172.)

Tabelle I.

Trockensubstanz und Rohvolumen der Planktonfänge, mit Berücksichtigung des Netzcoëfficienten, berechnet für 100 l Wasser.

Datum der Entnahme / Wassertemperatur		28./9. 11,5°	5./10.	13./10. 11,5°	26./10. 9°	12./11. 6,5°	3./12. 5°	10./2. 2°	29./4. 13,5°	27./5. 16°	13./6. 17°	7./7. 18,5°	28./7. 21,5°	11./8. 20°	9./12. 2°
Müggelsee	g	—	—	—	—	0,008	—	0,005	—	—	—	0,018	—	0,041	—
	ccm	—	—	—	—	0,2	—	0,2	—	—	—	0,9	—	2,4	—
Grünau	g	—	—	0,054	—	—	—	—	—	0,271	—	—	—	—	—
	ccm	—	—	2,5	—	—	—	—	—	5,7	—	—	—	—	—
Kietz	g	—	—	0,343	—	—	—	—	—	0,199	—	—	—	—	—
	ccm	—	—	4,9	—	—	—	—	—	4,1	—	—	—	—	—
Cöpenick	g	(1,082	—	—	—	0,042	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ccm	23,4)	—	—	—	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Spindlersfeld	g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,038	—	0,119	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,9	—	6,9	—
Wuhlemündung . .	g	0,140	—	0,092	—	0,144	—	0,119	—	—	—	—	—	—	—
	ccm	3,6	—	1,4	—	2,8	—	2,4	—	—	—	—	—	—	—
Oberschöneweide . .	g	—	—	—	—	—	—	—	—	0,040	—	—	—	—	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—	—	—
Wilhelminenhof . .	g	0,112	—	0,021	—	0,032	—	0,062	—	—	—	—	—	—	—
	ccm	6,0	—	0,6	—	0,9	—	8,0	—	—	—	—	—	—	—
Kuhnheim's Fabrik (Waldschlösschen)	g	0,060	—	0,047	—	0,100	—	0,109	—	—	—	—	—	—	—
	ccm	3,9	—	1,1	—	1,9	—	2,3	—	—	—	—	—	—	—
Eierhäuschen . . .	g	—	—	—	—	—	—	—	—	0,074	—	0,115	—	—	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	1,4	—	6,6	—	—	—
Rummelsburg, Grenzgraben	g	0,341	—	0,183	—	(3,284)[1]	—	0,028	—	—	—	—	—	—	—
	ccm	14,0	—	4,9	—	(31,5)	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—

1) Nahe der Einmündung entnommen.

Fortsetzung zu Tabelle I.

Datum der Entnahme / Wassertemperatur		28./9. 11,5°	5./10.	13./10. 11,5°	26./10. 9°	12./11. 6,5°	3./12. 5°	10./2. 2°	29./4. 13,5°	27./5. 16°	13./6. 17°	7./7. 18,5°	28./7. 21,5°	11./8. 20°	9./12. 2°
Bahnhof Treptow . .	g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,227	—	0,213	—	0,038
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,6	—	—	—	1,1
Landwehrkanal: Urbanhafen . .	g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,600*	—	—	1,100	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75,5	—	—	18,9	—
Landwehrkanal: Lichtensteinbrücke Tiergartenschleuse	g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,729**	—	—	0,166	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,8	—	—	4,7	—
Oberbaumbrücke und Pfuhl'sche Badeanstalt	g	0,060	—	0,043	—	0,103	—	0,136	—	—	—	0,213	0,153	—	—
	ccm	2,4	—	0,5	—	0,9	—	0,8	—	—	—	10,4	—	—	—
Schillingsbrücke . .	g	0,128	—	0,034	—	0,043	—	0,024	—	—	—	—	—	—	0,049
	ccm	3,3	—	1,1	—	0,9	—	0,8	—	—	—	—	—	—	1,9
Mühlendamm . . .	g	0,087	0,049	0,141	—	—	—	—	—	0,154	—	—	—	—	—
	ccm	2,8	1,7	2,1	—	—	—	—	—	2,8	—	—	—	—	—
Ebertsbrücke . . .	g	—	—	—	0,210	—	—	—	—	—	—	0,236	—	—	0,076
	ccm	—	—	—	2,6	—	—	—	—	—	—	9,0	—	—	2,1
Schlütersteg	g	—	—	—	—	—	—	—	0,111	—	—	—	—	—	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	3,8	—	—	—	—	—	—
Moltkebrücke . . .	g	—	0,199	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,076
	ccm	—	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1
Lutherbrücke . . .	g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,192	0,206	—	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,0	—	—	—
Lessingbrücke . . .	g	—	—	—	0,149	—	0,042	—	0,083	—	—	—	—	—	—
	ccm	—	—	—	2,6	—	0,9	—	2,1	—	—	—	—	—	—

* Ausserdem am Hafenplatz 0,446 g, 9,44 ccm. ** Ausserdem an der Dovebrücke 0,212 g, 7,55 ccm.

Fortsetzung zu Tabelle I.

Datum der Entnahme Wassertemperatur		28./9. 11,5°	5./10.	13./10. 11,5°	26./10. 9°	12./11. 6,5°	3./12. 5°	10./2. 2°	29./4. 13,5°	27./5. 16°	13./6. 17°	7./7. 18,5°	28./7. 21,5°	11./8. 20°	9./12. 2°
Am Verbindungskanal	g	—	0,153	—	—	—	—	—	0,055	—	0,337	0,384	0,321	—	—
	ccm	—	2,6	—	—	—	—	—	1,6	—	10,1	8,5	—	—	—
Charlottenburger Schleuse	g	—	0,047	—	—	—	0,076	—	—	—	—	—	—	0,274	0,149
	ccm	—	1,0	—	—	—	1,9	—	—	—	—	—	—	6,9	3,2
Fürstenbrunn . . .	g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,300	0,278	—	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,4	—	—	—
Spandau	g	—	0,169	—	0,043	—	0,106	—	0,153	—	—	0,117	0,153	0,198	0,036
	ccm	—	3,1	—	1,0	—	1,9	—	2,8	—	—	5,7	—	11,0	1,4
Eiswerder (Havel) . .	g	—	—	—	0,024*	—	0,020	—	—	—	—	0,058	0,076	2,304	0,053
	ccm	—	—	—	0,7	—	0,7	—	—	—	—	3,8	4,7	18,3	0,9
Tegeler See	g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,090	—	—
	ccm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,8	—	—
Havel: Tiefwerder .	g	—	0,200	—	—	—	—	—	0,077	—	—	—	—	—	—
	ccm	—	3,3	—	—	—	—	—	2,6	—	—	—	—	—	—
Havel: Gatow . . .	g	—	0,032	—	—	—	—	—	0,034	—	—	—	—	—	—
	ccm	—	0,7	—	—	—	—	—	0,9	—	—	—	—	—	—
Havel: Cladow . .	g	—	0,032	—	—	—	—	—	0,013	—	—	—	—	—	—
	ccm	—	0,7	—	—	—	—	—	0,9	—	—	—	—	—	—
*Jörsfelde	g	—	—	—	0,019	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ccm	—	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

an der Eberts- und Moltkebrücke wieder hohe Zahlen, jene Stationen, welche nach früheren Untersuchungen (Frank etc.) als die Stellen mit besonders hohem Bacteriengehalt erkannt wurden. Dann geht der Gehalt an suspendirtem Material wieder herab, wenn auch in unseren Untersuchungen nicht sehr erheblich. Mehrfach finden sich dann aber noch zwei Culminationspunkte, nämlich am Verbindungskanal und an der Charlottenburger Schleuse. Auch Spandau weist mehrfach hohe Zahlen auf.

Ich habe schon betont, dass dieses hier nur im Allgemeinen geschilderte Verhalten nicht durchgehend ist, dass öfter Abweichungen, ja Umkehrungen desselben vorkommen. Die Einzelheiten sind besser aus der Tabelle zu ersehen als zu beschreiben.

Zwei von den angeführten Reihen decken sich am Besten mit den Vorstellungen, die wir uns, nach den bisherigen Untersuchungen, von dem Zustande der Spree gemacht haben, die Serie vom 7. Juli und vom 9. December. Wir finden dort folgende Werthe:

Müggelsee	0,018
Spindlersfeld	0,038
Eierhäuschen	0,116
Oberbaumbrücke	0,213
Ebertsbrücke	0,236
Lutherbrücke	0,192
Verbindungskanal	0,334
Fürstenbrunn	0,300
Spandau	0,117
Eiswerder	0,053

Und am 9. December:

Treptow	0,038
Schillingsbrücke	0,049
Ebertsbrücke	0,076
Moltkebrücke	0,076
Charlottenburger Schleuse	0,149
Spandau	0,036
Eiswerder	0,053.

Wir sehen in beiden Fällen ein regelmässiges Anwachsen bis zur Eberts- und Moltkebrücke, ein Absinken, dann einen zweiten Gipfel am Verbindungskanal und an der Charlottenburger Schleuse und dann ein Absinken nach Spandau und der Havel zu. Alle vier, durch hohe Zahlen gekennzeichneten Stellen zeichnen sich durch eine Anstauung des Schiffsverkehrs aus. Bei Fürstenbrunn, wo sich auch auffallend hohe Zahlen finden, waren während der Untersuchungszeit riesige Fabriken im Bau begriffen und infolgedessen ein reger Lösch- und Ladeverkehr mit Baumaterialien im Gange.

Es scheinen mir daher diese Zahlen eine neue Stütze zu sein für unsere früher ausgesprochene Ansicht, dass die Hauptschuld an der Verschmutzung der Spree der Schiffsverkehr trägt.

Wie bei allen derartigen Untersuchungen findet sich aber auch unter meinen Befunden manches, was noch einer Erläuterung bedarf. Die enorm hohe Zahl an der Mündung des Grenzgrabens (lfd. Nr. 43 am 12. November) erklärt sich dadurch, dass diese Probe ausnahmsweise nahe dem Ufer entnommen wurde über einer Schlammbank, welche sich am Einfluss des Grabens gebildet hat. Es ist selbstverständlich, dass durch die von vorbeifahrenden Schiffen ausgehende Wellenbewegung die leichten Schlammmassen beständig aufgewirbelt werden. Aber auch durch die sich entwickelnden Gase findet an solchen Orten sozusagen ein beständiger Auftrieb von organischen Massen statt. Eine gleiche Erklärung lässt sich geben für die relativ hohen Zahlen bei Kietz (lfd. Nr. 22 und 67). Der Flussboden daselbst besteht nämlich (s. auch unten bei Besprechung der Flussbodenverhältnisse) aus einer über meterhohen eigenthümlichen halbflüssigen Schlammschicht. Der eine hohe Werth für Cöpenick (lfd. Nr. 3) erklärt sich daraus, dass sich an der betreffenden Stelle ausser einer ähnlichen Bodenbeschaffenheit eine Menge kleiner Wasserpflanzen dem Fang beimischten. Dagegen ist der hohe Werth, den ich am 27. Mai bei Grünau fand (lfd. Nr. 66), mir nicht erklärlich, da es sich hier sonst um ein sehr reines Flussgebiet handelt und eine besonders üppige Algenvegetation an der Stelle nicht zu bemerken war.

3. Landwehrkanal und Spandauer Schifffahrtskanal.

Die im Landwehrkanal gefundenen Zahlen (lfd. Nr. 74 bis 78 und 102 bis 103) sind zumeist sehr beträchtliche. Im Urbanhafen erreichte die gefischte Masse den höchsten überhaupt von mir gefundenen Werth: 10,600 g Trockensubstanz und 75,5 ccm Volumen pro 100 l Wasser. Die Massen bestanden anscheinend auch z. Th. aus Kohlenstaub von den z. Z. dort in grosser Menge löschenden Kohlenschiffen[1]). Zwei Monate später waren die Werthe an derselben Stelle um ein sehr Beträchtliches gesunken, immerhin aber noch recht hoch. Die nächsthöchste Zahl fand sich dann an der Lichtensteinbrücke, wo sich beträchtliche Schlammbänke finden, ein ebenfalls hoher Werth am Hafenplatz (Schöneberger Brücke), wo eine grosse Anzahl von Schiffen ankern. An den beiden anderen Stellen (Thiergartenschleuse und Dovebrücke) waren die gefischten Quanten geringer.

Eine einmalige Excursion durch den Spandauer Schifffahrtskanal (lfd. Nr. 35 bis 37) förderte auch ziemlich bedeutende Quanten zu Tage (0,187 bis 0,482 g und 2,6 bis 6,8 ccm pro 100 l), doch stehen diese Werthe zum Theil gegen diejenigen aus dem Landwehrkanal erheblich zurück, trotzdem der Nordhafen des Spandauer Kanals stark verschlammt ist.

III. Einfluss der Jahreszeit auf die Menge der suspendirten Massen.

Diesen Einfluss konnte ich nur an den Befunden aus dem Müggelsee, der Spree und der oberen Havel prüfen, da mir für diese drei Gebiete genügend Untersuchungen zu verschiedenen Jahreszeiten zu Gebote standen.

Im Müggelsee finden wir die Menge vom Februar bis zum August um das Achtfache steigend (von 0,005 auf 0,041 g). In der Oberspree lässt sich dieses Verhalten nicht so erkennen, immerhin sind die im Februar bei 2° Wassertemperatur gefundenen Mengen vorwiegend kleiner als die im September vorher bei

1) Der relativ hohe Aschengehalt von 76 % spricht allerdings mehr für aufgewirbelte Schlammmassen.

11,5° Wassertemperatur gefundenen (vgl. Wuhlemündung, Wilhelminenhof, Grenzgraben, Schillingsbrücke). Doch kommt auch das umgekehrte vor. An der Unterspree können uns einige Werthe vom December (2° Wassertemperatur) und Zahlen aus dem Juli und August (18,5 bis 21,5° Wassertemperatur) als Vergleichsobjecte dienen. Die Decemberzahlen (vgl. Ebertsbrücke, Charlottenburger Schleuse, Spandau) sind alle kleiner als die Sommerzahlen.

In der oberen Havel (Eiswerder) finden wir eine grosse Differenz zwischen dem August und den übrigen Monaten (October, December und Juli). Diese Differenz erklärt sich aus dem im August einsetzenden enormen Algenwachsthum (s. u.).

Man kann also wohl sagen, dass im reinen Fluss- und Seengebiet eine deutliche Differenz in der Planktonmasse für Winter und Sommer (bzw. bestimmte Monate) vorhanden ist, in dem Sinne, dass die Winterzahlen kleiner sind als die Sommerzahlen, dass sich aber im unreinen Flussgebiet durch das sich beimengende und von anderen zeitlichen Bedingungen beherrschte todte Material diese Unterschiede leicht verwischen können.

Im allgemeinen können wir sonst aus den gemachten Wägungen und Messungen des Planktons folgende Schlüsse ziehen.

1. Die Menge der suspendirten Materie ist auch an den gleichen Orten anscheinend einem grossen Wechsel unterworfen, welcher, abgesehen von biologischen Einflüssen, durch viele im einzelnen nicht eruirbare Zufälligkeiten bedingt ist. Es werden sich hier die Zufälligkeiten (locale Verschmutzung vorübergehender Natur, Aufwirbeln des Bodens u. a. m.) in vielleicht noch höherem Maasse geltend machen wie für die Bestimmung der vorhandenen Bacterien. Immerhin wird es erlaubt sein, wie bei der bacteriologischen Untersuchung, so auch hier, durch Zusammenhalten und Vergleichen der Zahlen zu der Anschauung zu kommen, dass die Planktonmenge der Spree auf dem Laufe durch Berlin zunimmt, an bestimmten Stellen für gewöhnlich besonders hohe Werthe aufweist, und dass die Spree sich der grössten Mengen des suspendirten

Materials auf dem Wege der Selbstreinigung entledigt.

2. Die Menge des suspendirten Materiales ist im Winter im allgemeinen geringer als im Sommer. Schon in einer früheren Arbeit[1]) waren diese Nachweise für die suspendirten Stoffe erbracht worden, indem bestimmte kleinere Quantitäten von der Oberfläche geschöpften Wassers durch gewogene Filter filtrirt und die Gewichtszunahme der Filter nach dem Trocknen bestimmt wurde. Es ist klar, dass man bei diesem Process sehr viel höhere Zahlen erhalten muss wie bei der Planktonmethode, denn die Netze lassen ja alle feinsten suspendirten Theilchen hindurchgehen. Ebenso einleuchtend aber ist es, dass die Filtermethode gewisse Nachtheile hat: Sie kann nur mit einer relativ geringen Wassermenge angestellt werden und kann nur bestimmte Zonen des Flusswassers (Oberfläche, bestimmte Tiefen) berücksichtigen, während mit dem Netz die ganze Tiefe des Flusses oder doch wenigstens Wassersäulen von erheblicherer Ausdehnung durchsucht werden können. Dass die Planktonmethode allerdings mehr relative als absolute Zahlen liefert, wird man sich immer klar machen müssen. Aus den Untersuchungen Kofoid's und Fuhrmann's[2]) geht hervor, dass das Apstein'sche Netz nur einen Bruchtheil des wirklichen Planktons fängt. Dass die Methode selbst für vergleichende Untersuchungen quantitativer Natur nicht verwerthbar sei, wie Fuhrmann meint, diese Anschauung erscheint mir nicht berechtigt. Für den Zweck der vorliegenden Untersuchung dürfte sie hinreichend genau sein.

Was die abgelesenen Volumina angeht, so entsprechen gleiche Volumina, wie man sieht, nicht auch gleichen Gewichten und umgekehrt. Je nach der Art des Planktons lagern sich die Theilchen verschieden dicht aneinander. Ein algen- und diatomeenreiches Plankton wird meist, bei gleichem Trockengewicht, ein grösseres Volumen einnehmen als ein vorwiegend aus amorphem

1) a. a. O.

2) Fuhrmann, Zur Kritik der Planktontechnik. Biol. Centralblatt, 1899, S. 584.

Detritus bestehendes. Es erscheint demnach rationeller, bei der Beurtheilung der Werthe sich an das Gewicht der Trockensubstanz zu halten.

Was den Aschegehalt des Planktons anlangt, so variirt derselbe bei meinen Bestimmungen zwischen 28,42 und 81,63 %. Zumeist bewegt er sich zwischen 50 und 70 %. Der geringe Aschengehalt kann die Folge sein von grossen Mengen lebenden oder todten organischen Materials. So hat beispielsweise Plankton des Müggelsees (Nr. 52) nur 33,33 %, Plankton der unteren Havel (Nr. 65) 42,86 %, Plankton des Tegeler Sees (Nr. 98) nur 28,42 % Asche. Dieselben bestehen mikroskopisch fast nur aus Algen und Diatomeen.

Ebenso aber hat beispielsweise Plankton von der Hansabrücke (Nr. 13) 42,86, Plankton von der Schillingsbrücke 39,13, Plankton vom Grenzgraben nur 50 % Asche.

Sehr auffallend ist die Erscheinung, dass der Aschegehalt des Planktons im Sommer abnimmt.

Während der Aschegehalt bei den ersten 11 Untersuchungsserien mit wenigen Ausnahmen über 55 % betrug, haben bei der 12. und 13. Serie (Juli und August) zwei Drittel der Fänge einen Aschegehalt unter 55 %. Die Zunahme des organischen Materials im Wasser in der heissen Jahreszeit documentirt sich also auch auf diese Weise.

Die Asche des Planktons zeigt meist eine röthlichbraune Farbe, nur das reine Algenplankton liefert eine fast weisse Asche. In allen Aschen, die ich daraufhin prüfte (etwa $^1/_5$ aller Proben) fand ich Eisen. Die stärksten Reactionen auf Eisen gab das Plankton der unreinen Flussgebiete, die schwächste das Plankton der Seen und reinen Strombezirke.

Um die Zusammensetzung des Planktons zu erkennen, wurde jede Probe einer mikroskopischen Betrachtung unterworfen. Dabei zeigte es sich bald, dass der Formenreichthum der im Wasser treibenden kleinen pflanzlichen und thierischen Organismen sowohl in der Spree wie am Rhein ein relativ begrenzter ist. Damit soll jedoch nur gesagt werden, dass die Zahl der in grösseren Mengen vorkommenden

Individuen eine ziemlich geringe ist, daneben konnten fast stets zahlreiche andere, aber nur spärlich vertretene Formen beobachtet werden. Auf diese letzteren besonders zu achten, hatte ich kein Interesse bei der von uns gewählten Fragestellung.

Wenn ich daher im folgenden die von mir in Spree, Havel und Rhein gefundenen Organismen aufführe, so geschieht das mit dem ausdrücklichen Vorbehalt, dass diese Liste einen Anspruch auf Vollständigkeit nicht macht. Für die pflanzlichen Organismen aus dem Rheinwasser liegt ausserdem in der Arbeit von Schenk[1]) ein umfassender Nachweis bereits vor.

Herr Dr. Lindau am botanischen Museum der Universität Berlin hatte die Freundlichkeit, einige meiner Fänge aus Spree und Rhein zu untersuchen und meine Befunde zu controliren. Ich bin ihm dafür zu lebhaftem Danke verpflichtet.

Untersucht und gezählt (s. u.) habe ich stets mit einer nur ca. 60fachen linearen Vergrösserung. Stärkere Vergrösserungen kamen nur zur Bestimmung der einzelnen Formen in Anwendung.

Mir kamen in Spree, Havel und Müggelsee, sowie im Rhein folgende Formen vorwiegend zu Gesicht:

I. Schizophyceen.
Polycystis aeruginosa, Anabaena flos aquae, Merispomedia.

II. Diatomeen.
Melosira varians, Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis und capucina, Diatoma var. tenue, Diat. vulgare Bory, Synedra ulna, Navicula, Nitzschia sigm., Surirella, Gomphonema, Cymbella.

III. Chlorophyceen und Phaeophyceen.
Pediastrum boryanum, Oedogonium, Dinobryon, Ceratium, Volvox, Oscillaria.

IV. Niedere Thiere.
Amöben, Paramaecium, Rotifer, Chilodon, Anuraea, Notolca, Vorticellen, Anguillula, Turbellaren, Daphnien, Bosmina longirostris, Leptodora Cyclops, Milben.

---

1) Schenk, a. a. O.

Von diesen hier angeführten Formen traten aber eine Anzahl durch ihr zahlreiches Auftreten so in den Vordergrund, dass ich für meine Zwecke die übrigen ganz vernachlässigen konnte. Diese sind: Polycystis aeruginosa,
Melosira varians,
Asterionella gracillima,
Fragilaria,
Pediastrum
für das Spree-Havelgebiet und
Diatomum vulgare,
Asterionella,
Fragilaria,
Pediastrum und
Ceratium
für den Rhein.

An thierischem Plankton überwiegen im Spree-Havelgebiet die Daphniden, Notolca acuminata, Anuraea und Amöben. Im Rhein fand ich so gut wie gar keine niederen Thiere.

Mit der einfachen mikroskopischen Beobachtung lässt sich zwar nun mancherlei feststellen. Man bemerkt zunächst, ob die Planktonmasse rein aus Algen und Diatomeen sich zusammensetzt, oder ob viel zerfallenes todtes organisches Material sich dabei befindet. Dieser Unterschied ist zunächst sehr eclatant beim Vergleich der Planktonfänge aus den Seen und der Havel (abgesehen von Spandau und Tiefwerder) einerseits und der Spree mit den zugehörigen Kanälen andererseits.

Das Plankton der Seen ist fast absolutes Algen- und Diatomeenplankton, das der Havel in ihrem oberen Theile (Eiswerder, Jörsfelde), sowie weiter unten (Cladow) ebenfalls, nur findet man in der Havel daneben schon bisweilen geringe Reste abgestorbener pflanzlicher Organismen.

Der Thierreichthum ist im allgemeinen gering. Daphniden finden sich zwar zeitweise (so z. B. im Mai und Herbst) reichlich, daneben auch bisweilen Notholca, in der Havel auch ab und zu Flagellaten etc., aber die thierischen Bestandtheile machen sich im allgemeinen wenig bemerkbar.

Anders in der Spree und den Kanälen. Hier findet man zunächst mehr oder weniger viel organischen Detritus. Derselbe kann stellenweise (z. B. Einmündung der Wuhle und des Grenzgrabens, Ebertsbrücke, Lessingbrücke, Schillingsbrücke, Verbindungskanal, Landwehr- und Schifffahrtskanal etc.) so vorwiegen, dass er unter dem Mikroskop als Hauptmasse erscheint. An solchen Stellen finden sich dann auch meist mehr niedere Thiere, vor allem Amöben, Geissel und Wimperinfusorien (Chilomonas, Paramaecium, Stentor, Vorticellen, Suctorien). An anderen Stellen der Spree (Oberspree, mit Ausnahme der oben genannten Grabenmündungen, bisweilen auch Stationen innerhalb der Stadt oder der Unterspree) erscheint das mikroskopische Bild reiner, die amorphen Massen sind spärlicher, die pflanzlichen Bestandtheile überwiegen, niedere Thiere treten zurück. Dazwischen gibt es zahlreiche Uebergänge.

Ich hatte den Eindruck, dass im grossen und ganzen auch für die Spree das gilt, was Hulwa[1]) für die Oder angegeben hat, wenigstens was die niederen Thiere anbelangt. Er theilt bekanntlich die im Wasser gefundenen Organismen in fäulniserzeugende (Bacterien), fäulnisliebende (Wasserfadenpilze, niedere thierische Organismen) und fäulnisfeindliche (Diatomeen und grüne Algen) ein. Dass in der Spree die Grenzen sich mehr verwischen und die Gegensätze viel geringer werden mussten als in der Oder zur Zeit der Hulwa'schen Untersuchungen, als Breslau seine Sielwässer in diesen Fluss leitete, ist natürlich.

Aber ich glaube, dass eine blosse mikroskopische Betrachtung, wo es sich um quantitative Unterschiede handelt, zu grossen Täuschungen führen kann, und habe deshalb bei den drei letzten Untersuchungen der Spree und bei der Untersuchung des Rheines zur Erörterung der Frage, ob die »fäulnisfeindlichen« Organismen, d. h. die Diatomeen und Algen, in ihrer Quantität sich im Laufe der Flüsse ändern, die Planktonzählmethode Hensen's hinzugenommen.

1) Hulwa, Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau. Breslau, 1890.

Zur Ausführung derselben[1]) bedarf man eines besonderen Zähltisches mit einer Zählplatte aus Glas, welche eine eingeätzte Liniirung trägt. Die Platte ist in zwei zu einander senkrechten Richtungen durch Schrauben verschieblich. Auf die Platte kommt die zu zählende Planktonmasse. Zur Abmessung bestimmter Mengen derselben wird der ganze Fang mit Wasser auf ein bestimmtes Volum (z. B. 100 ccm) verdünnt. Diese Suspension füllt man in ein Glasfläschchen mit weitem Halse, dessen Oeffnung mit einem gut schliessenden Stopfen versehen ist. Die Mitte des Stopfens trägt eine Bohrung und durch dieselbe wird eine sog. Hensen'sche Stempelpipette geschoben. Dieselbe besteht aus einem kräftigen, überall gleich weiten Glasrohr von ca. 1 cm lichtem Durchmesser. In diesem Rohr bewegt sich ein Stempel, der abwechselnd aus Kork- und Metallplatten zusammengesetzt ist, die durch zwei Schrauben fest aneinander gedrückt werden. An diesen Stempel ist ein massiver Metallcylinder angeschraubt, der genau in die Glasröhre hineinpasst. Von diesem Cylinder wird nun soviel Metall ausgeschliffen, dass zwischen ihm und dem Glasrohr ein ganz bestimmtes Volumen bleibt (Auswägen mit Quecksilber). Von diesen Pipetten[2]) gibt es Grössen mit einem Inhalt von 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2,5 und 5 ccm. Ich bin mit den ersten drei Nummern ausgekommen. Mit vorgestossenem Stempel werden diese Pipetten durch die Oeffnung des Stopfens in das Gläschen dicht eingeschoben und sodann die im Gläschen befindliche Masse durch kräftiges Schütteln gleichmässig vertheilt. In diesem Moment stösst man das Glasrohr herab resp. zieht den Stempel herauf und hat nun eine genau gemessene Menge der Suspension eingeschlossen. Dieselbe wird nach Abtrocknen des äusseren Rohres und Einfettung des Randes quantitativ (eventuell mit Zuhilfenahme einer feinen Spritzflasche) auf die Zählplatte gebracht, sorgfältig vertheilt und nun bei schwacher Vergrösserung (ca. 60 fach) die ganze Masse durchgezählt, indem man das Spatium zwischen zwei das Gesichtsfeld gerade begrenzenden Linien von vorn nach hinten vorbeiwandern lässt und dann durch Drehen an der zweiten Schraube und dadurch bedingte seitliche Verschiebung das nächste Spatium einstellt.

Verdünnung und Pipetteninhalt wählt man verschieden, je nach der Masse der vorhandenen Organismen. Ist dieselbe sehr gross, so wählt man die kleinste Pipette (0,1) oder stellt sich eine noch stärkere Verdünnung her. Seltenere Formen pflegt man dann aus grösseren Quanten für sich zu zählen.

Diese Zählmethode ist viel mühseliger und zeitraubender als z. B. die Methode der bacteriologischen Plattenzählung, da jede Form für sich gezählt und aufnotirt werden muss. Wie oben erwähnt, habe ich die seltenen Formen nicht einzeln aufgeführt. Die weit überwiegende Mehrzahl der im Spree- und Rheinwasser vorkommenden pflanzlichen Organismen bestand aus wenigen Formen.

1) Vgl. Apstein, a. a. O., S. 42.

2) Ebenso wie der Zähltisch vom Mechaniker Zwickert in Kiel gefertigt.

In der ersten Columne der folgenden Tabelle II finden sich die Algen- und Diatomeenfäden aufgeführt, fast ausschliesslich Melorira varians, in der zweiten die Stern- und Zickzackbandformen, fast ausschliesslich Asterionella gracillima. Dann folgt Polycystis aeruginosa (welche die sog. Wasserblüthe im Sommer und Herbst hervorruft), oft schwer und unsicher zu zählen, wenn die gallertigen Hüllen, welche viele Zellen zu einer Familie zusammenschliessen, zerrissen sind. Pediastrum und Fragilaria folgen in den beiden nächsten Columnen, beide leicht und sicher zu zählen; dann habe ich in der nächsten Columne die übrigen bei 60facher Vergrösserung erkennbaren, seltener vorkommenden Diatomeen (vielfach leer und noch aus den Kieselpanzern bestehend) zusammengenommen. Die Protozoën sind im Verhältnis zur übrigen Masse des Planktons so verschwindend, dass sie nur selten in meinem kleinen Zählquantum sich zeigten. Daphniden und Copepoden resp. ihre Fragmente sind zum Schluss zusammengestellt.

Die Auszählung des Planktons der Seen und reinen Flussgebiete (Havel) ist im Verhältnis zu dem der Spree leicht. Die Auszählung des Planktons im unreinen Flussgebiet wird unter Umständen ungemein erschwert durch die Mengen von Detritus, welcher zum Theil andere Gebilde verdeckt, bisweilen auch Organismen vortäuscht.

In den Tabellen sind die Zahlen gleich auf 100 l Wasser umgerechnet. Der Multiplicator ist ein sehr grosser und damit auch die Fehler für die seltener vorkommenden Formen. Für unser Urtheil werden doch nur die zahlreich vertretenen Arten ausschlaggebend sein können. Durch die Zählung (s. Tab. II) bekommen wir, trotz der grossen Fehler, welche ihr anhaften mögen, doch ein viel anschaulicheres Bild von den wirklichen Verhältnissen. Es scheiden sich ziemlich deutlich drei Zonen von einander ab. Erstens die Seen, zweitens die Havel und drittens die Spree. Sie unterscheiden sich qualitativ und quantitativ nach der Zusammensetzung ihres Planktons. Der Tegeler See hat im Juli, gegenüber allen anderen Entnahmestellen, ein Minimum an Melosirafäden, dagegen ein Maximum an

Tabelle II.

In 100 l Wasser sind enthalten (ohne Berücksichtigung des Netzcoëfficienten).

Untersuchung vom 28. Juli 1899.

Entnahmestelle	Fäden (Melosira varians)	Asterionella gracill.	Polycystis aerugin.	Pediastrum boryanum	Fragilaria crotonensis	Sonstige Diatomeen u. Diat.-Schalen	Daphniden u. Copepoden
Treptow	1 407 600	16 300	74 730	13 580	2 700	13 580	5 440
Oberbaumbrücke .	1 828 800	25 810	135 870	28 530	10 870	21 740	19 020
Lutherbrücke . .	1 380 400	21 740	118 770	19 020	2 700	13 580	5 440
Am Verbind.-Kanal	1 898 100	21 740	89 670	16 300	9 500	39 400	5 440
Bei Fürstenbrunn	1 432 100	16 300	105 980	17 660	2 700	19 020	1 350
In Spandau . . .	7 717 400	47 550	298 900	13 580	2 700	27 000	5 440
Am Eiswerder . .	7 907 500	25 810	57 060	16 300	2 700	1 350	1 350
Im Tegeler See .	78 120	89 670	89 670	13 580	310 460	unter 1 350	4 070

Untersuchung vom 11. August 1899.

Entnahmestelle	Fäden (Melosira varians)	Asterionella gracill.	Polycystis aerugin.	Pediastrum boryanum	Fragilaria crotonensis	Sonstige Diatomeen u. Diat.-Schalen	Daphniden u. Copepoden
Am Eiswerder . .	23 030 000	679 800	1 223 000	unter 1 350	unter 1 350	67 900	unter 1 350
In Spandau . . .	7 472 900	69 290	44 830	5 440	6 790	8 150	8 150
An der Charlottenburger Schleuse	1 154 600	13 580	252 700	12 230	1 350	23 000	4 070
An der Thiergartenschleuse . . .	815 000	13 580	187 500	24 460	5 440	13 580	10 870
Im Urbanhafen .	3 103 300	32 600	27 000	70 650	10 870	114 120	unter 1 350
Bei Spindlersfeld .	1 687 500	55 710	55 710	16 300	8 150	5 440	5 440
Im Müggelsee . .	586 250	23 770	356 000	8 830	2 700	10 430	4 070

Untersuchung vom 9. December 1899.

Entnahmestelle	Fäden (Melosira varians)	Asterionella gracill.	Polycystis aerugin.	Pediastrum boryanum	Fragilaria crotonensis	Sonstige Diatomeen u. Diat.-Schalen	Daphniden u. Copepoden
Am Eiswerder . .	108 230	108 230	2 700	9 500	2 700	19 020	2 700
In Spandau . . .	65 220	59 780	unter 1 350	2 700	1 350	8 150	
An der Charlottenburger Schleuse	74 730	21 740	2 700	unter 1 350		24 460	
An d. Moltkebrücke	84 240	1 350	2 700	6 790		8 150	
An d. Ebertsbrücke	73 870	16 300	unter 1 350	2 700	unter 1 350	12 230	unt. 1350
An d. Waisenbrücke	74 730	17 660	1 350	5 440		8 150	
An der Schillingsbrücke	127 700	24 460	unter 1 350	2 700		13 580	
Bei Treptow . .	74 730	16 300	unter 1 350	6 790		8 150	

Fragilaria und Asterionella, der Müggelsee hat im August ebenfalls ein Minimum an Melosira, eine hohe Zahl für Polycystis, Fragilaria ist fast auf das Minimum hinabgesunken. Die obere Havel (Eiswerder) hat im Juli ein Maximum für Melosira, diese Werthe steigen noch gewaltig an bis zum August auf 23 Millionen, dabei ist Fragilaria, die zu gleicher Zeit im Tegeler See üppig florirt, nur minimal vertreten. Für Polycystis hat die Havel ebenfalls im August das Maximum mit 1,2 Millionen. Im December fallen fast alle Zahlen, Melosira in der Havel von 23 Millionen auf 108 000, Polycystis von 1,2 Millionen sogar auf 2700, nur Asterionella und Pediastrum halten sich ziemlich auf der Höhe.

In der Spree selbst wird man die Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen nicht erheblich finden können, besonders im Juli ist z. B. der Gehalt an Melosira, sowie auch von den anderen Formen ein ziemlich gleichmässiger. Die Untersuchung im August hat in der Spree nur an zwei Stellen (Charlottenburger Schleuse und Spindlersfeld) stattgefunden. Die Unterschiede zwischen diesen beiden fallen hier nur für Polycystis sehr stark aus. Ich habe oben schon bemerkt, dass die genaue Zählung von Polycystis mir recht schwer erscheint.

Im December finden wir in der Spree abermals ziemlich ähnliche Werthe, wie sich denn überhaupt in diesem Monat auch gegenüber der Havel die Unterschiede mehr ausgleichen. Die angeführten Zahlen sprechen dafür, dass Unterschiede im Algen- und Diatomeengehalt an den einzelnen Stellen der Spree nicht oder doch nur in unbedeutendem Grade vorhanden sind. Die Unterschiede, die man durch Messen und Wiegen des Planktons findet, werden hervorgerufen durch wechselnde Mengen beigemischten Detritus. Dort, wo die Spree mit der Havel zusammenfliesst (Spandau), drückt sich die Mischung beider Wässer auch im Algen- und Diatomeenbefund aus, besonders deutlich ist dies zu sehen bei der Untersuchung am 11. August. Hier hat die Havel 23 Millionen Melosira, die Spree etwa $1\frac{1}{2}$ Millionen und das Mischwasser bei Spandau $7\frac{1}{2}$ Millionen.

Bei der einen Untersuchung im Landwehrkanal (11. August) finden sich im Urbanhafen, der Spree gegenüber, beträchtlich höhere Werthe, besonders für Melosira, Pediastrum, Fragilaria und andere Diatomeen. Dagegen sind die Werthe an der Thiergartenschleuse verhältnismässig niedrig.

Am 28. September unternahm ich eine Excursion nach dem Rhein, um dieselben Untersuchungen, welche ich hier an einem langsam fliessenden Strom mit geringer Wasserführung ausgeführt hatte, an einem schnell fliessenden mit grosser Wasserführung zu wiederholen.

Als Untersuchungsstrecke wurde der Rhein von Marienburg oberhalb Köln bis Volmerswerth unterhalb Köln gewählt, d. i. eine Strecke von $47^1/_2$ km Länge. Die Wahl fiel auf diesen Abschnitt des Flusses aus mehreren Gründen. Einmal, weil der Strom hier das Gebiet einer grossen Stadt durchfliesst, welche ihre Abwässer dem Flusse übergibt, demnach zu erwarten war, dass sich etwaige Unterschiede hier am deutlichsten markiren würden, und ferner, weil für diese Rheinstrecke bereits eingehende bacteriologische Untersuchungen quantitativer Art[1]) und Untersuchungen über die sonstige Rheinvegetation qualitativer Art[2]) vorliegen.

Die Stadt Köln entwässerte früher zum Theil oberirdisch nach dem Rhein und dem Festungsgraben zu vermittelst zahlreicher Abflussgräben und Kanäle. Eine Einleitung von Fäkalien in die Kanäle war zwar untersagt, fand aber doch in ziemlicher Ausdehnung statt. 1881 wurde das erste Project zur Entwässerung der Neustadt nach den Principien der Schwemmkanalisation aufgestellt, 1885 wurde ein Project für Neustädt und Altstadt gemeinsam ausgearbeitet, im Jahre 1887 wurde das Project, bei welchem ausserdem noch ein Anschluss der Vororte vorgesehen war, dem Minister zur Genehmigung unterbreitet. Das Kanalnetz sollte zur Ableitung der häuslichen Gebrauchswässer, der Fabrikwässer, der Fäkalien, sowie der atmosphärischen Niederschläge dienen und ist nach den Grundsätzen der Schwemmkanalisation eingerichtet. Sämmtliche Schmutzwässer, sowie Regenfälle bis zu 1 mm wirklich

1) Stutzer und Knublauch. Untersuchungen über den Bacteriengehalt des Rheinwassers oberhalb und unterhalb der Stadt Köln. Festschrift für Pettenkofer. Bonn, 1893. Kruse, Ueber Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege, 18. Jahrg. Ref. Deutsche med. Wochenschr.

2) Schenck, Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines. Festschrift für Pettenkofer. Bonn, 1893.

abzuführendem Niederschlag sollten vor Einführung in den Rhein einem chemisch-mechanischen Reinigungsverfahren unterworfen werden. Alle Kanäle vereinigen sich zu einem Hauptsammler, welcher unterhalb der Stadt (oberhalb vom Dorfe Niehl) in den Rhein ausmündet. Innerhalb der Stadt selbst finden sich am Rheinufer zahlreiche Ueberläufe.[1])

Zur Zeit meiner Untersuchung war die projectirte Kläranlage erst im Bau begriffen, die Abwässer gelangten ungereinigt in den Rhein. In der Nähe des Hauptausflusses zeigte das Flusswasser eine trübe schmutzige Beschaffenheit, allerhand Reste und Abfälle des menschlichen Haushalts, Fäkalbestandtheile etc. waren im Wasser schwimmend deutlich erkennbar und konnten mit dem Netz abgefangen werden. So widerlich diese Verunreinigung an besagter Stelle auch erschien, so war dieselbe doch wenige hundert Meter weiter abwärts mit dem Auge kaum noch wahrnehmbar.

Als Entnahmestellen wählte ich im wesentlichen die gleichen wie Stutzer und Knublauch[2]), nämlich:

1. oberhalb Köln (oberhalb Marienburg),
2. Mühlheimer Schiffbrücke (8),
3. ca. 100 m unterhalb der Ausmündung des Hauptsammlers (oberhalb Niehl) (3),
4. oberhalb Wiesdorf (6),
5. oberhalb Rheindorf (Wuppermündung) ($2^1/_2$),
6. oberhalb Mohnheim (3),
7. oberhalb Zons (12),
8. oberhalb Volmerswerth (13).

Die eingeklammerten Zahlen nach den Namen bedeuten die abgerundete Entfernung in Kilometern von der vorhergehenden Station.

Bei der starken Strömung des Rheines war eine Benutzung des Netzes nach den üblichen Vorschriften ausgeschlossen. Trotz Beschwerung mit einem Hängegewicht von 5 kg wurde das Netz vom Strome seitlich fortgetrieben und liess sich nicht senkrecht in das Wasser einlassen. Um wenigstens

---

1) Die Entwässerungsanlagen der Stadt Köln von Abtheilungsbaumeister Steuernagel. Abschnitt IX der Festschrift zur 61. Naturforscherversammlung, Köln 1888, sowie Festschrift f. d. Hauptversammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege, 1898.

2) a. a. O.

unter einander vergleichbare Resultate zu erhalten, warf ich infolgedessen jedesmal von dem festgelegten Dampfer aus das unbeschwerte Netz in den Strom. Es wurde sofort vom Strome fast horizontal gelegt, doch liess sich die obere Einflussöffnung unter der Wasseroberfläche halten. Durch das an einer starken Schnur gehaltene Netz liess ich nun den Strom eine genau gemessene Zeit (Secundenuhr!) hindurchgehen, meist 30 Secunden, hob darauf schnell das Netz aus dem Wasser und entleerte und behandelte im übrigen den Fang wie bei der Spree geschildert.

Der Rhein führte zur Zeit meiner Untersuchung (und wahrscheinlich wohl stets) ziemlich grosse Mengen feinsten Sandes mit sich. Ein Messen und Wägen des Fanges der im übrigen auch äusserlich und makroskopisch fast nur aus Sand zu bestehen schien, war zwecklos. Ich habe mich daher nur auf eine Auszählung der hauptsächlichen vorwiegenden pflanzlichen Formen des Fanges nach der oben angegebenen Methode beschränkt, und die gefundenen Zahlen auf eine gleiche ideelle Wassermenge umgerechnet, so dass sie gut vergleichbar sind. Dass die Fehler bei dieser Versuchsanordnung noch grösser ausfallen werden als bei der üblichen Zugmethode ist wahrscheinlich. Die Zahlen der Tabelle III zeigen denn auch für die einzelnen Stationen vielfach grosse Unterschiede. Bedenkt man aber, dass auch hier der Multiplicator ziemlich gross ist, und Zähl- und Messungsfehler bei der Berechnung entsprechend anwachsen, so wird man nicht den Eindruck gewinnen, als ob der Rhein an den untersuchten Stellen wechselnde oder erheblich differente Mengen pflanzlichen und thierischen Planktons enthielte, vielmehr zu der Anschauung kommen, dass auch hier — wie bei der Spree — die Vertheilung der kleinen pflanzlichen Organismen eine ziemlich gleichmässige ist. Nach den Befunden an beiden Flüssen scheint eine Belastung mit organischen Abfallstoffen das Wachsthum der Algen und Diatomeen nicht oder nur unwesentlich zu alteriren. Auf die Bedeutung dieser Thatsache für die Betheiligung der Pflanzenvegetation für die Selbstreinigung der Flüsse komme ich weiter unten zurück.

Quantitativ in Bezug auf ihr pflanzliches Plankton lassen sich Spree und Rhein nach meinen Zahlen zwar exakt nicht

vergleichen, da ich die wirklich filtrirte Wassermenge beim Rhein nicht genau bestimmen kann. Aber nehmen wir einmal an, dass beim Rheinwasser nur $^1/_4$ oder $^1/_5$ der theoretisch berechneten Wassermenge wirklich durch das Netz hindurchgegangen ist, so bleibt doch der Unterschied in den Mengenverhältnissen der Algen und Diatomeen zwischen Spree und Rhein ein gewaltiger. Schon Schenck hat auf die Spärlichkeit des Rheinplanktons hingewiesen; in der Isar sollen nach Löw und Bokorny in 1 l Wasser sich etwa 800 Diatomeen-Individuen finden, in der Spree aber haben wir (wenigstens im Sommer) eine 20 bis 30fach so grosse Menge.

Tabelle III.

Zählung des Rheinplanktons.

Bei einer dem abgelesenen Pegelstande + 1,92 entsprechenden Stromgeschwindigkeit von rund 0,9 m pro Secunde gehen theoretisch durch das Netz hindurch in 1 Minute 90 × 60 × 92 ccm = rund 500 l Wasser. Thatsächlich ist weniger durch das Netz filtrirt.

In dieser Wassermasse fanden sich von den hauptsächlichsten Formen:

Bei	Diatom. var.	Asterionella	Fragilaria	Pediastrum	Sonstige Diatom.	Ceratium
Marienburg .	4 200	10 200	800	500	1 500	1 100
Mühlheim . .	4 000	6 900	600	140	1 000	400
Niehl	1 400	6 000	200	40	1 900	200
Rheindorf . .	1 400	8 200	500	200	1 250	250
Mohnheim . .	2 700	7 500	800	160	70	260
Zons	1 200	3 000	400	200	200	330
Volmerswerth .	3 300	7 000	500	150	550	250

Ein Vergleich zwischen den einzelnen Flüssen wird allerdings durch mancherlei erschwert. Die Eigenschaft des pflanzlichen Planktons, zu gewissen Jahreszeiten verschieden stark an Masse anzuschwellen und abzunehmen, die augenscheinliche Ungleichwerthigkeit der verschiedenen Formen, (so werden z. B. ein langer, relativ dicker vielzelliger Melosirafaden und eine aus wenigen feinen Gliedern gebildete Asterionellaform oder eine einzellige kleine Surirella sich vielleicht in der Grösse ihres Stoffwechsels erheblich unterscheiden) u. a. m. lassen es fast unmöglich erscheinen, richtige Vergleiche zu ziehen. Trotzdem

genügt schon eine oberflächliche mikroskopische Durchmusterung eines Tröpfchens von beiden Fängen aus Spree und Rhein, um den gewaltigen Unterschied zwischen beiden zu erkennen: die Massenhaftigkeit im ersteren Fall und die Spärlichkeit im zweiten. Da sonst so gut wie gar keine quantitativen Untersuchungen über das Plankton verschiedener Flüsse vorliegen, so kann ich aus meinen beiden vergleichenden Bestimmungen an Spree und Rhein keine allgemeinen Schlüsse ziehen. Ich halte es aber für sehr wahrscheinlich, dass der verschiedene Planktonreichthum einen principiellen Unterschied zwischen schnell und langsam fliessenden Strömen darstellt. Das würde auch mit den sonstigen Erfahrungen der Planktonforschung übereinstimmen, dass nur ein relativ ruhiges Wasser (Teiche etc.) der Vermehrung der Pflanzen günstig ist.

Nun unterscheiden sich Spree und Rhein in ihrer Stromgeschwindigkeit recht beträchtlich.

Nach den Zahlen, welche mir von der Kgl. Wasserbau-Inspection in Köln zur Verfügung gestellt worden sind, beträgt die mittlere Geschwindigkeit des Rheines bei einem Wasserstande am Kölner Pegel von:

+ 1,5	in der	Secunde	0,86 m
+ 2,0	»	»	0,98 »
+ 2,5	»	»	1,10 »
+ 3,0	»	»	1,20 »
+ 4,0	»	»	1,39 »
+ 5,0	»	»	1,56 »
+ 6,0	»	»	1,71 »
+ 6,5	»	»	1,78 »

mit einer Wasserführung von 1044 bis 5445 Secundencubikmeter.

Die Wasserführung der Spree bei einem »mittleren Hochwasser« beträgt 80 bis 100 Secundencubikmeter mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 0,15 bis 0,25 m in der Secunde. Die Wasserführung kann bei extremem Niedrigwasser bis auf ca. 10 Secundencubikmeter, mit einer Geschwindigkeit von 0,02 bis 0,03 m pro Secunde zurückgehen, doch ist ein solches extremes Niedrigwasser selten. Bei Hochwasser soll die Wasserführung bis auf ca. 160 Secundencubikmeter mit einer Geschwindigkeit von 0,75 m pro Secunde steigen können.[1]) Im übrigen liegen bei der Spree, deren Wasserstand durch Schleusenanlagen künstlich regulirt wird, diese Verhältnisse naturgemäss complicirter als an einem freifliessenden Strome.

---

1) Diese Angaben, welche nur ungefähre Zahlen geben, verdanke ich der Kgl. Wasserbau-Inspection I, Berlin. Vgl. auch Dirksen und Spitta, Die Veränderungen des Spreewassers, cit. Archiv f. Hygiene, Bd. 35, S. 88.

Ich selbst habe an zwei Untersuchungstagen (29. April und 27. Mai) bei einem mittleren Hochwasser von 80 bis 100 Secundencubikmeter Wasserführung mittelst des hydrometrischen Flügels[1]) folgende Werthe erhalten:

27. Mai.

Wasserstand Oberbaumbrücke: 32,34.
Oberspree (Oberschöneweide) Strommitte:
20 cm unter der Oberfläche 0,26 m pro Secunde,
1 m » » » 0,23 » » »

Oberspree (Pfuhl'sche Badeanstalt) Strommitte:
20 cm unter der Oberfläche 0,27 m pro Secunde,
1 m » » » 0,21 » » »

29. April.

Wasserstand Oberbaumbrücke: 32,26.
Unterspree (Lessingbrücke) Strommitte:
20 cm unter der Oberfläche 0,17 m pro Secunde,
$1^{1}/_{2}$ m » » » 0,15 » » »

Unterspree unterhalb der Brücke an der Einmündung des Verbindungskanals:
20 cm unter der Oberfläche 0,30 m pro Secunde,
$1^{1}/_{2}$ m » » » 0,28 » » »

Unterspree vor Spandau:
20 cm unter der Oberfläche 0,38 m pro Secunde,
$1^{1}/_{2}$ m » » » 0,27 » » »

In der unteren Havel bei Gatow und Kladow war mittels des hydrometrischen Flügels eine Geschwindigkeit nicht mehr festzustellen, dieselbe muss demnach unter $3^{1}/_{2}$ cm pro Secunde betragen.

Da bei gleicher Wassermenge die Geschwindigkeit abhängig ist vom Profil des Flussbettes, letzteres aber nicht unerheblich schwankt, so ist die Differenz in den Zahlen wohl verständlich. —

Der Rhein hat also eine etwa fünfmal stärkere Stromgeschwindigkeit wie die Spree. Zum Vergleich sei angeführt, dass die Isar unterhalb München bei Niedrigwasser 1,19, bei Mittelwasser 1,45 bis 1,88 und bei Hochwasser 2,11 m Geschwindigkeit aufweist[2]), die Elbe unterhalb Dresden bei Niederwasser

---

1) Von Amsler-Laffon u. Sohn, Schaffhausen.

2) Prausnitz, Der Einfluss der Münchener Kanalisation auf die Isar. München, 1890.

0,41, bei Mittelwasser 0,82 bis 1,02, bei Hochwasser 1,17 bis 1,90 m Geschwindigkeit pro Secunde zeigt.[1]) —

Dass die Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers von grossem Einfluss zu sein scheinen für das Gedeihen der Flora und Fauna des Wassers, habe ich schon oben bemerkt. Da wir aber im Flussplankton nicht nur organisirtes lebendes Material, sondern auch viel todtes, amorphes, suspendirtes Material vor uns haben, so spielt die Stromgeschwindigkeit natürlich auch für dieses eine grosse Rolle insoweit sie die Sedimentirung desselben begünstigen oder verzögern kann.

Angaben darüber, bei welcher Stromgeschwindigkeit kleine suspendirte Theilchen in der Schwebe bleiben und fortgerissen werden, und bei welchem Grade der Geschwindigkeit sie sich abzusetzen vermögen, sind mir nicht bekannt. Auf Anregung von Herrn Geheimrath Rubner stellte ich einige einfache Versuche nach dieser Richtung hin an, die, wenn sie auch die natürlichen Verhältnisse nicht ganz wiedergeben können, doch einigermaassen eine Vorstellung von den thatsächlichen Zuständen geben.

Die Versuchsanordnung war folgende. Ein ca. 500 ccm fassender Erlenmeyerkolben war bis zum Halse mit Wasser gefüllt, in welchem das zu untersuchende Material in schwebendem oder sedimentirtem Zustande sich befand. Der Kolben war mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen, durch dessen Bohrungen zwei Glasröhren bis nahe auf den Boden herunter reichten. Die eine Röhre vermittelte den Zufluss reinen Wassers aus einem etwas höher gestellten Reservoir, die andere Röhre führte das mit den suspendirten Theilchen beladene Wasser ab. Letztere Röhre war über dem Stopfen rechtwinklig abgebogen, etwa 50 cm lang horizontal über einer weissen oder schwarzen Unterlage weitergeführt, sodann rechtwinklig nach abwärts gebogen. Die Fortsetzung der Röhre nach abwärts bildete ein Gummischlauch mit einem zu einer feinen Spitze ausgezogenen gläsernen Ansatzstück. Der Gummischlauch wurde durch eine feine Schraubenklemme geschlossen gehalten. Oeffnete man die Klemmschraube, so entstand ein continuirlicher Strom, der aus dem Reservoir den Kolben durchsetzte, die suspendirten Theile mit sich nach aufwärts durch den verticalen Schenkel der Röhre, sodann durch den horizontalen Schenkel und schliesslich abwärts führte, wo sich die ausfliessende Wassermenge in einem Messcylinder ansammelte. Da der Querschnitt der Röhre bekannt war, ferner die in einer

1) Schorler, Das Plankton der Elbe bei Dresden. Zeitschr. f. Gewässerkunde, 1900.

gewissen Zeit ausgeflossene Wassermenge genau gemessen oder gewogen werden konnte, so liess sich die jeweilige mittlere Stromgeschwindigkeit in der Röhre berechnen.

Ich nahm nun verschiedenes suspendirtes oder aufgewirbeltes Material und bestimmte:

1. bei welcher Stromgeschwindigkeit in der Achse des vertikalen Schenkels die suspendirten Theile eben in der Schwebe blieben ohne sich zu senken (in dem viel langsameren Wandungsstrom gingen die Theilchen währenddessen langsam zu Boden);

2. bei welcher Stromgeschwindigkeit die auf dem Boden des horizontalen Schenkels sedimentirten feineren Theilchen eben begannen in leicht rollende Bewegung zu gerathen;

3. bei welcher Stromgeschwindigkeit der horizontale Schenkel eben von allen abgelagerten Theilchen leer gewaschen wurde.

Als Versuchsobjecte benutzte ich einmal Niederschläge von schwefelsaurem, kohlensaurem, oxalsaurem und phosphorsaurem Kalk, von schwefelsaurem Baryt, ferner die im Spreewasser suspendirten kleinen Flöckchen von organischem Material, Plankton der Spree (mit dem Netz gefischt) und ziemlich groben Seesand.[1])

Dabei fand sich Folgendes:

1. Im Achsenstrom des vertikalen Schenkels blieben eben in der Schwebe (während sie sich im horizontalen Schenkel ablagerten) Theilchen von bei einer Stromgeschwindigkeit von

Phosphorsaurem Kalk .	1	mm	pro	Secunde
Kohlensaurem Kalk . .	2	»	»	»
Oxalsaurem Kalk . . .	6	»	»	»
Schwefelsaurem Baryt .	6	»	»	»
Organischen Flöckchen .	0,7	»	»	»
Planktontheilchen . . .	0,9	»	»	»
Seesand	46	»	»	»

1) Versuche mit Erdboden gelangen nicht, weil die Suspensionen selbst nach Tagen nicht völlig sedimentirten und die starke Trübung des Wassers die Beobachtung unmöglich machte.

2. Die im horizontalen Schenkel abgelagerten Theilchen (Randstrom) geriethen eben in Bewegung bei einer Stromgeschwindigkeit von Millimetern pro Secunde:

Phosphorsaurer Kalk	3
Kohlensaurer Kalk	6
Oxalsaurer Kalk	15
Schwefelsaurer Kalk	24
Schwefelsaures Baryt	22
Organische Flöckchen	2 bis 4
Planktontheilchen	4 » 5
Seesand	130.

3. Die im horizontalen Schenkel abgelagerten Theilchen (Randstrom) wurden langsam fortgewaschen bei einer Geschwindigkeit von Millimetern pro Secunde:

Phosphorsaurer Kalk	25
Kohlensaurer Kalk	100
Oxalsaurer Kalk	78
Schwefelsaurer Kalk	95
Schwefelsaures Baryt	158
Organische Flöckchen	12 bis 20
Planktontheilchen	17
Seesand	277.

Beobachtet wurde mit blossem Auge, mit der Loupe und schwächstem mikroskopischen Objectiv. Die obigen Zahlen sind nur auf die beiden ersten Weisen gewonnen. Eine so minimale Geschwindigkeit, bei der auch die mikroskopischen Theilchen unbewegt blieben, liess sich mit meiner Vorrichtung nicht herstellen.

Die für die Kalk- und Barytverbindungen gewonnenen Zahlen sollen nur als Vergleich dienen zu den andern Objecten, sie zeigen aber auch ausserdem, dass augenscheinlich die Schnelligkeit der Sedimentirung nicht allein vom Gewicht abhängt, sondern auch von der Art des Verbandes der Theilchen unter einander. Der secundäre phosphorsaure Kalk z. B. hat ein höheres Gewicht (17) als der oxalsaure Kalk (16), da er aber als Nieder-

schlag flockig ausfällt, so sedimentirt er langsamer als der compact ausfallende oxalsaure Kalk.

Aus den sub 1 angeführten Zahlen in Verbindung mit der bekannten durchschnittlichen Stromgeschwindigkeit und Stromtiefe lässt sich ungefähr berechnen, einen wie langen Weg die einzelnen Theilchen zu durchlaufen haben werden bis sie auf dem Grunde des Flusses zur Ablagerung gelangen. Bei dieser theoretischen Berechnung lassen wir dann allerdings ausser Acht, dass die Stromgeschwindigkeit in den einzelnen Theilen des Profils eine verschiedene ist; sie ist stärker an der Oberfläche als in der Tiefe, geringer nach dem Ufer zu als in der Mitte. Auch lassen wir bei dieser Berechnung natürlich auch alle accidentellen Einflüsse (Wellenbewegung u. a.) ausser Betracht.

Nehmen wir die mittlere Geschwindigkeit der Spree zu 0,20 m pro Secunde, die mittlere Tiefe zu 2,50 m an, so würde bei einer Senkungsgeschwindigkeit von 2 mm pro Secunde ein Theilchen von kohlensaurem Kalk nach 250 m bereits auf dem Boden angelangt sein, während ein organisches Flöckchen erst nach 614 m sedimentirt wäre. Dahingegen wäre ein Sandtheilchen schon nach 10 bis 11 m wieder am Boden angelangt.

Bei einer Geschwindigkeit wie der Rhein und die Elbe sie durchschnittlich hat (1 m), würden die Theilchen bei gleicher Tiefe erst nach 1250 m (kohlensaurer Kalk), 3070 m (organische Flöckchen) und 50 bis 55 m (Seesand) zu Boden gelangen.

Es vertheilt sich also bei einem schnellfliessenden Fluss das Sediment auf eine weit grössere Bodenfläche und wir müssen langsam strömende Gewässer, zumal wenn sie von geringer Tiefe sind, als besonders disponirt zur localen Verschmutzung durch Sedimentation (Schlammbankbildung) ansehen. Das Absinken der Theilchen haben wir uns nach dem oben Gesagten nicht als in gerader Linie, sondern in Form einer Curve erfolgend vorzustellen, da die Stromgeschwindigkeiten nach der Flusssohle zu immer geringer werden (in der Isar z. B. wurde die mittlere Sohlengeschwindigkeit kleiner als die Hälfte der mittleren Ober-

flächengeschwindigkeit gefunden). Aus diesem Grunde müssen auch die oben berechneten Wegstrecken in Wahrheit etwas kürzer sein.

So einfach, wie es nach diesem Schema scheinen könnte, spielen sich natürlich in Wirklichkeit die Dinge in Bezug auf das im Wasser treibende Material nicht ab, zumal nicht in einem Flusse von nur mässiger Tiefe wie die Spree es ist.

Der Wind und die in seinem Gefolge auftretenden Wellen stören zunächst den regelmässigen Ablauf des Sedimentationsvorganges. Und wenn die durch die Wellen erzeugte Wasserbewegung auch wohl nur selten im Stande sein wird, die schweren Theilchen des Flussbodens selbst aufzurühren, so geht die Wellenbewegung doch erwiesener Maassen so tief nach abwärts, dass die schwebenden und in Ablagerung begriffenen Theilchen wohl alle davon betroffen werden. Ein Einfluss, der viel kräftiger wirkt, aber mehr localen Charakter zeigt, ist die durch die Schifffahrt hervorgerufene Beunruhigung des Wassers. Zwei Fortbewegungsarten wirken hier ein. Einmal das Fortstossen der Kähne mittels Stangen, wie solches auf der Spree und den Kanälen Berlins sehr üblich ist. Dadurch wird natürlich der Flussboden an einer circumscripten Stelle aufgewühlt. Ferner ist aber von viel intensiverer Wirkung die Thätigkeit der zahlreichen Schrauben- und Raddampfer, welche auf der Spree den Schleppdienst versehen. Selbst der kleine Schraubendampfer der Kgl. Wasserbauinspection, welcher mir für meine Fahrten zur Verfügung gestellt war, war im Stande, den Flussboden aufzuwirbeln, so dass es stets besonderer Vorsichtsmaassregeln bedurfte, um bei den Probeentnahmen aus dem Bereich der künstlich getrübten Wassermassen herauszukommen.

Von Zuflüssen, welche der Spree suspendirtes Material in grösseren Mengen zuführen könnten, sind in Betracht zu ziehen: Wuhle, Grenzgraben, Panke, ferner zu gewissen Zeiten die Nothauslässe. Auf die Bedeutung dieser Zuflüsse für die Verunreinigung der Spree hier einzugehen, kann ich unterlassen, da diese Verhältnisse in einer früheren Arbeit[1]) von

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XXXV, S. 97 ff.

uns eingehend behandelt sind. Nur möchte ich erwähnen, dass die durch diese Zuflüsse (besonders Wuhle und Grenzgraben) gesetzten Verschmutzungen durch das Auge und die Untersuchungen nur bis auf geringe Entfernungen sich erkennen lassen. Wir haben oben bei Besprechung der Grösse und des Gewichts der Planktonfänge schon gesehen, dass am Einfluss dieser Gräben die Werthe für die Trockensubstanz in die Höhe gehen, dass dieselben aber dann sehr bald wieder absinken. Der allergrösste Theil der hereingespülten suspendirten Massen lagert sich schon gleich am Einfluss der Gräben ab, wo sich in Folge dessen erhebliche Schlammbänke gebildet haben (s. u. Boden). Während ich die Probeentnahme für gewöhnlich stets in der Mitte des Flusses ausführte, warf ich einmal am Grenzgraben das Netz nur wenige Meter vom Ufer und vom Einfluss des Grabens aus. Ich erhielt dabei (lfd. Nr. 43) eine für die Trockensubstanz, welche zehnmal so gross war, als die höchste in der Strommitte gefundene (lfd. Nr. 7)[1].

Nach dem Gesagten müsste also bei einem Flusse wie die Spree und auch bei anderen schneller fliessenden eine totale Sedimentirung des suspendirten Materials allmählich eintreten, wenn man die genannten störenden Einflüsse wie Wind, Wellen und Schiffsverkehr ausschliessen könnte. Es ist selbstverständlich, dass specifisch leichte Theilchen, wie Holzstückchen u. dgl. nicht ohne Weiteres sedimentiren können. Übrigens ist das spec. Gewicht des Holzes je nach Herkunft, Behandlung und Alter recht verschieden. Nach den Angaben schwankt es zwischen 0,4 und 1,4 (sog. Pockholz). Ist die ursprüngliche Differenz zwischen spec. Gewicht und Wasser nicht gross, so kann durch das allmähliche Schwinden des ursprünglichen Luftgehaltes ein solches Theilchen specifisch schwerer werden und zu Boden gehen. Auch für andere kleine organische Partikel spielt ein etwaiger Gehalt an Luft resp. Gas oder die Verbindung mit einer kleinen Gasblase in Bezug auf ihr Schwebevermögen gewiss eine Rolle.

1) Die betreffende Uebersichtstabelle findet sich erst am Schluss des III. Theiles der Arbeit.

Gilt dies nun schon von dem todten organischen Material, so in viel höherem Maasse von den lebenden kleinen pflanzlichen Gebilden. Da dieselben bei ihrem Stoffwechsel Gas produciren, so sind sie wohl in der Lage zu schwimmen. Besonders im Lichte ist ja die Sauerstoffproduction der chlorophyllführenden Organismen sehr lebhaft, und es ist recht unterhaltend zu beobachten, wie z. B. Algenmassen, die, zu mehreren Millimeter dicken Klumpen zusammengeballt, scheinbar todt auf dem Boden eines bei gedämpftem Licht aufbewahrten Glasgefässes liegen, ins Sonnenlicht gebracht, plötzlich beginnen an die Oberfläche emporzusteigen, getragen durch die reichlich producirten Sauerstoffbläschen. Tödtet man die gefischten Algen- und Diatomeenmassen durch Formalinzusatz ab, so sedimentiren sie meist rascher und vollständiger als ohne Zusatz, obgleich es mir scheint, als ob auch ohne künstliche Abtödtung die gefischten, in kleinen Wasserquantitäten aufbewahrten Organismen rasch dem Tode verfallen; wenigstens vermochte schon bald (ein bis zwei Tage) nach dem Fange das Licht meist keine sichtbare Gasproduction mehr hervorzurufen.

Ausser den adhärirenden Gasbläschen hat man aber bei mehreren Schizophyceen sogenannte Gasvacuolen beobachtet,[1]) mit Hilfe deren sich die Organismen an die Wasseroberfläche treiben können. Für Polycystis z. B. ist dies nachgewiesen, und thatsächlich findet sich dieselbe ja gegen den Herbst zu als sog. »Wasserblüthe« massenhaft an der Oberfläche, das Wasser (der Seen vorwiegend) wie ein grüner Schleier überziehend.

Dass das Licht überhaupt einen gewaltigen Einfluss auf die Vertheilung der Planktonorganismen hat, ist eine bekannte Thatsache, und die verticale Vertheilung der Algen und Diatomeen wird hauptsächlich vom Lichte regulirt.[2])

Wenn wir bisher nur von der Sedimentirung der makroskopischen Verunreinigungen und der Planktonbestandtheile gesprochen haben, so dürfen wir dabei doch nicht vergessen, dass

---

1) Apstein, a. a. O., S. 28.

2) Es ist daher bei quantitativen Untersuchungen besser, Vertikalfänge als Oberflächenfänge zu machen.

neben den mit unbewaffnetem oder schwach bewaffnetem Auge sichtbaren suspendirten Theilchen des Wassers auch die Sedimentirung der mikroskopischen Theilchen, im Speciellen also der Bacterien, von jeher die Hygieniker besonders interessirt hat.

Nimmt man mit Rubner[1]) das spec. Gewicht der Bacterien zu 1,038 bis 1,065 an, so geht schon daraus hervor, dass ein Absinken der Bacterien in dem specifisch leichteren[2]) Flusswasser theoretisch erfolgen muss. Ob dieselbe thatsächlich erfolgt, ist wenigstens für reine Gewässer noch nicht einstimmig entschieden. Die Mehrzahl der Beobachter spricht sich aber für einen Sedimentationsprocess der Bacterien aus (Rubner, Emmerich, Frankland, Frank u. A.). Dass dieser Process in reinen Wässern sehr langsam vor sich geht, ist sehr wahrscheinlich.

Dass die Sedimentirung der Bacterien wesentlich unterstützt wird durch die Sedimentirung der gröberen suspendirten Theilchen, ist bekanntlich von mehreren Seiten (Frankland, Krüger, Fromme u. A.) nachgewiesen worden. Auch die directe mikroskopische Beobachtung lehrt das. Fischt man — wie ich das auf Anregung Rubners mehrfach gethan habe — mittels einer feinen Glascapillare aus dem Flusswasser die feinen organischen Detritusflöckchen heraus und färbt dieselben, so findet man an ihnen häufig grosse Nester von Bacterien, aus denselben oder verschiedenen Individuen bestehend. Oft hat man den Eindruck, als hätte man ein Präparat aus einer Reincultur vor sich, so massenhaft treten die Bacterienanhäufungen in die Erscheinung.

Diese Thatsache illustrirt zweierlei, einmal, dass durch das Niedersinken solcher organischer Partikelchen ungezählte Bacterien dem freien Wasser entzogen werden, und ferner den Zusammenhang zwischen der Zerstörung todten organischen Materials und der Bacterienvegetation.

Zugleich dürfte dieses »Ankleben« grösserer Bacterienmassen an organischen Theilchen vielleicht mit Recht oft als Erklärung

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XI, S. 385.

2) Das spec. Gewicht des Spreewassers fand ich = 1,0005.

dafür herangezogen werden, dass bei bacteriologischen Untersuchungen derselben Wasserprobe häufig erhebliche Differenzen in den Keimzahlen sich finden. Je nachdem in den verimpften Quanten solche feinste organische Partikelchen zufällig enthalten sind oder nicht, wird die Menge der ausgesäten Bacterien trotz gleichen Impfquantums verschieden sein können.

Ich habe versucht, den Bacteriengehalt des Planktons zu bestimmen, indem ich gemessene Theile desselben (einige ccm) mit sterilem Wasser vielfach ausgeschüttelt und auscentrifugirt habe. Es gelang mir nicht, das Plankton so bacterienarm zu machen, dass sich mit gemessenen Theilen desselben schliesslich zählbare Platten giessen liessen. Jedenfalls aber stecken in 1 ccm Plankton aus unreinen Flussgebieten mehrere Millionen von Keimen.

Es muss indess bemerkt werden, dass nicht alle Detritustheilchen einen solchen Anhang von Bacterien zeigen, viele erweisen sich als fast ganz oder gänzlich frei von denselben.

Was für die Sedimentation gilt, gilt natürlich auch für die horizontale Fortbewegung der Bacterien. Es spielt das Plankton eines Flusses wohl sicher eine Rolle in Betreff des Transportes der Keime. Dass es sich bei solchem Transport ebensogut einmal um pathogene Keime handeln kann wie um saprophytische harmlose Bacterien, liegt auf der Hand.

Die Beziehungen zwischen Diatomeen und Algen einerseits und Bacterien andererseits lassen sich im mikroskopischen gefärbten Präparat bis zu einem gewissen Grade auch verfolgen. Ich gewann den Eindruck, dass im Allgemeinen die lebenden Algen und Diatomeen von Bacterienanhängen sich ziemlich frei halten, dass die Bacterien vielmehr vorwiegend dem todten organischen Material anhaften. Allerdings sind die Verhältnisse im gefärbten Präparat leicht künstlich verschoben, und nach den bekannten Untersuchungen von Engelmann[1]) bestehen ja zwischen Algen und Bacterien gewisse chemotaktische Beziehungen, welche durch die Sauerstoffausscheidungen der ersteren im Lichte bedingt sind.

---

1) Botan. Zeitung, 1881, S. 441.

Betrachtet man die Sedimentirungsvorgänge insgesammt, so lassen sich unschwer bei einem Flusse zwei Sedimentirungsgebiete trennen. In der ersten Zone würde es sich um ein Zu-Boden-Sinken der makroskopisch sichtbaren Verunreinigungen handeln, dabei werden mechanisch schon eine grosse Menge von Bacterien mit niedergeschlagen. Es bleiben die feinen suspendirten Bestandtheile, die gelösten organischen Stoffe und die Bacterien übrig.

Während sich die Zersetzung dieser gröberen Verunreinigungen des Weiteren wohl hauptsächlich am Flussboden abspielt, verfallen die weiterschwimmenden feinsten Theilchen und die gelösten Stoffe durch die Einwirkung der Bacterien allmählich der Zersetzung. Sind die Strömungsverhältnisse günstig, d. h. die Stromgeschwindigkeit nicht zu gross, so werden schliesslich die abgestorbenen oder auch lebenden Bacterien nach Zerstörung der organischen Substanzen zu Boden sinken können (zweite Zone). Solche Verhältnisse liegen höchstwahrscheinlich bei dem Spree-Havelstromgebiet vor, wo die grossen Havelseen gleichsam eine Art von Klärbecken für das Wasser der Spree und Havel bilden.[1])

Die erste Zone wird sich nie sehr weit hinter der Stelle der letzten Verunreinigung ausdehnen (vgl. die Berechnungen auf S. 192—93), wir sehen daher auch bei unseren Zahlen für die Planktontrockensubstanzen die Werthe hinter einer verschmutzten Stelle meist auf der nächsten Station wieder tief gesunken.

Die zweite Zone endigt dort, wo der Fluss seine ursprüngliche Beschaffenheit wieder erreicht hat.

Man hat sich an die Vorstellung gewöhnt, dass der Bacterienreichthum eines Wassers proportional geht dem Nährstoffgehalt desselben, d. h. der Menge oxydirbaren organischen Materials. Der Laboratoriumsversuch sowie theoretische Ueberlegungen sprechen dafür.[2]) In praxi zwar lässt sich dieser Zusammenhang nicht immer nachweisen. Die Gründe dafür sind bekanntlich

1) Frank, a. a. O.

2) Vgl. auch Rubner, Archiv f. Hygiene, Bd. XI, S. 388 ff. und die Untersuchungen im II. Theil dieser Arbeit.

die, dass einmal die Methode der Bestimmung der organischen Substanzen (Oxydation mit Kaliumpermanganat) eine sehr unvollkommene ist, indem die verschiedenen organischen Stoffe ganz verschieden stark von der Chamäleonlösung angegriffen werden, und ferner, dass die entstandenen Bacterien augenscheinlich entweder eine kurze Lebensdauer haben, zum grossen Theil also absterben, oder aber sedimentiren, kurzum sich unseren Zählungsmethoden mittels Plattencultur entziehen.

Es ist die Frage, wie sich in Bezug auf den Nährstoffgehalt des Wassers die im Wasser treibenden chlorophyllführenden Algen und Diatomeen verhalten.

Dass für dieselben die Stromgeschwindigkeit von Bedeutung ist, hatten wir schon oben gesehen.

Die Frage nach dem Einfluss des Nahrstoffgehaltes führt uns zur Betrachtung der vielerörterten und bestrittenen Beziehungen der Algen und Diatomeen zur Selbstreinigung der Flüsse.

Was die Literatur über diesen Punkt angeht, so kann ich es hier unterlassen, dieselbe in extenso anzuführen, da dieselbe anderen Ortes letzthin eingehend citirt worden ist[1]). Es möge nur kurz recapitulirt werden, dass beispielsweise v. Pettenkofer, Loew und Bokorny, Mutschler, Schorler, Zacharias u. A. eine mehr oder minder lebhafte Betheiligung der Algen und Diatomeen am Selbstreinigungsprocess annehmen, Andere wieder (Schenk, Uffelmann, Frank) mehr oder weniger sich gegen diese Ansicht aussprechen.

Es muss an dieser Stelle jedoch noch einmal betont werden, dass wir hier nicht von den chlorophyllfreien Wasserpilzen (Beggiatoen etc.) sprechen, auch nicht von der am Ufer eines Flusses festsitzenden Flora, sondern eben nur von den im Wasser treibenden chlorophyll- und ähnliche assimilirende Substanzen führenden Organismen (Algen und Diatomeen), also dem sog. ›Potamoplankton‹.

Dass phanerogame Pflanzen organische Substanzen aufnehmen können, gilt als bewiesen. Das Gleiche wurde für niedere Pflanzen dargethan,[2]) für die höheren Wasserpflanzen im Speciellen ist

1) König, Die Verunreinigung der Gewässer, 1899, 2. Aufl., 1. Bd., S. 252 ff.

2) Bokorny, Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 185.

der Nachweis dafür erst kürzlich wieder erbracht worden.[1]) Dass das Gleiche der Fall ist bei Algen und Diatomeen, haben wir nach den Untersuchungen von Bokorny nicht zu bezweifeln.

Eine Anzahl von Laboratoriumsexperimenten, welche ich anstellte, um den Einfluss von Sauerstoffzutritt und Sauerstoffabschluss, sowie den etwaigen Einfluss des Flussbodens auf die Selbstreinigung des Wassers zu studiren, lieferten im Verlaufe der Versuchszeit Befunde, über welche an dieser Stelle zu berichten mir passend erscheint, wenngleich die Versuche, theilweise, wie gesagt, zum zweiten Theile dieser Abhandlung gehören.

Fünf gläserne, oben offene Standcylinder von ca. 70 cm Höhe und ca. 20 cm lichter Weite, also mit einem ungefähren Fassungsraum von 20 l Wasser, wurden mit einer Mischung von 1 Theil Kanalwasser auf 13 Theile Leitungswasser in gleich zu erörternder Weise beschickt. Das Kanalwasser stammte aus einer Berliner Pumpstation und war eine schwärzliche, stinkende Flüssigkeit mit reichlichem Sediment. Alle Cylinder erhielten Mischungen von dem gleichen Kanalwasser. Der erste Cylinder erhielt ausserdem keine Füllung. In den Cylindern II bis V dagegen wurde vor dem Eingiessen der Mischungen der Boden mit einer 4 bis 5 m hohen Schicht Sand resp. Erde versehen.

Cylinder II erhielt eine Bodenschicht aus Gartenerde, Cylinder III und IV eine Bodenschicht aus reinem Sand, Cylinder V eine solche aus Flussboden, herstammend aus einem ziemlich unreinen Flusstheil der Spree und schwarze Massen darstellend. In sämmtliche Cylinder wurden nun je 15 l der Kanalwasser-Leitungswassermischung mittels Hebers so langsam einfliessen gelassen, dass ein Aufrühren der Bodenschichten thunlichst vermieden wurde.

Cylinder II und III blieben offen stehen, Cylinder I, IV und V dagegen wurden zwecks Luftabschlusses mit einer ca. 3 cm hohen Schicht von Paraffinum liquidum zugegossen. Der Zustand war also folgender:

Cylinder	I.	Sauerstoffabschluss.	Kein Boden.
»	II.	Kein Sauerstoffabschluss.	Gartenerde.
»	III.	» »	Sand.
»	IV.	Sauerstoffabschluss.	Sand.
»	V.	»	Flussboden.

Ich entnahm nun bei den verschiedenen Wässern mittels eines Hebers stets aus der Mitte der Wasserschicht in grösseren Zeitintervallen Proben, welche ich auf ihre Durchsichtigkeit, ihre Farbe, ihren Geruch, Bacteriengehalt, Sauerstoffgehalt, Gehalt

1) Grosse-Bohle, Beiträge zur Frage der Selbstreinigung der Gewässer. Dissertation, Arnsberg, 1900.

an »organischer Substanz«, auf Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure prüfte.

Eine Schwierigkeit, die bei den offenen Cylindern sich im Laufe der Zeit bemerkbar macht, nämlich die Wasserverdunstung und die dadurch eintretende Concentration des Wassers, lässt sich umgehen durch jedesmaliges Auffüllen mit destillirtem sterilen Wasser bis zur Wasserhöhe nach der letzten Probeentnahme, oder durch Anbringen entsprechender Wasserstandsmarken und in Rechnungziehen der verdunsteten Wassermengen. Letzteres ist vorzuziehen, weil durch die Zugabe von destillirtem sterilen Wasser eine gleichmässige Mischung erschwert und ein Aufrühren der sedimentirten Theilchen hervorgerufen wird. Ausserdem würde der wechselnde Sauerstoffgehalt des destillirten Wassers für die Sauerstoffbestimmung unrichtige Werthe erzeugen.

Es sind also in der Tabelle IV auf S. 204 alle bei den offenen Wässern gefundenen Zahlen — ausgenommen die Zahlen für den Sauerstoff — umgerechnet auf die jedesmal nach der letzten Probeentnahme vorhanden gewesene Wassermenge.

Die Bacterien wurden auf dem von Hesse[1]) und Niedner angegebenen Nährboden (Agar-Agar mit Nährstoff Heyden) ausgesät und nach 14 Tagen gezählt, der Sauerstoff nach dem modificirten Winkler'schen Verfahren bestimmt, die organische Substanz nach Kubel-Tiemann, die qualitativen Bestimmungen in der üblichen Weise.

Die Cylinder standen in der Mitte eines geräumigen Zimmers, dessen Fenster nach Süden gelegen waren. Von directem Sonnenlicht wurden sie jedoch niemals getroffen, nur den Cylinder I stellte ich, nachdem in demselben lebhafte Algenvegetation eingetreten war, für einige Tage direct an das Fenster, um den Einfluss des Lichtes zu verstärken.

Der Inhalt der Cylinder verhielt sich, wie aus der Tabelle IV zu sehen, sehr verschieden.

Die Wässer in den offenen Cylindern klärten sich relativ rasch, wurden geruchlos, nahmen an Sauerstoffgehalt zu[2]) und an Oxydirbarkeit ab, das Ammoniak schwand und wurde durch Salpetrige- und Salpetersäure ersetzt, die Bacterienzahl nahm deutlich ab. Vor allem aber trat in der ganzen Zeit der Beobachtung von ca. 8 Monaten in den offenen

1) Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 29, S. 454.

2) Die Zahlen über den Sauerstoffgehalt vom 9. IX. sind mir leider verloren gegangen.

(Fortsetzung des Textes auf S. 206.)

Tabelle IV.

Cylinder Nr. I. Kanalwasserverdünnung 1:13.

Sauerstoffabschluss durch eine 3 cm hohe Schicht von Paraffin. liq.

Datum	Durchsichtigkeit	Farbe	Geruch	Sichtbare Vegetation	Sediment	Bacterien pro ccm	Sauerstoff im Liter	Oxydirbarkeit	NH_3	N_2O_3	N_2O_5
12. VIII.	trübe	gelblich	stinkend	fehlt	deutlich	280 000	Spur	7,26	stark	0	0
9. IX.	»	grünlich	mässig	geringes Algenwachsthum	»	162 180	—	7,14	»	0	0
17. X.	»	stark grün	fehlt	starkes Algenwachsthum	»	730 800	1,05	7,40	gering	0	0
31. XII.	»	grünlich	»	Sediment. der Algen	stark	110 290	0,23	5,29	0	0	0
25. IV.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cylinder Nr. II. Kanalwasserverdünnung 1:13. Am Boden eine 4 cm hohe Schicht Gartenerde. Kein Sauerstoffabschluss.											
12. VIII.	trübe	gelblich	stinkend	fehlt	deutlich	585 200	Spur	6,44	stark	0	0
9. IX.	klar	»	geruchlos		gering	299 760	—	5,36	fast 0	stark	stark
17. X.	»	»	»		»	218 100	5,01	3,63	0	0	»
31. XII.	»	»	»		fast 0	10 500	5,53	2,92	0	0	»
25. IV.	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—
Cylinder Nr. III. Kanalwasserverdünnung 1:13. Am Boden eine ca. 5 cm hohe Schicht reinen Sandes. Kein Sauerstoffabschluss.											
12. VIII.	trübe	gelblich	stinkend	fehlt	deutlich	844 000	Spur	6,44	stark	0	0
9. IX.	klar	»	geruchlos		gering	814 800	—	5,40	fast 0	stark	stark
17. X.	»	»	»		fast 0	430 270	5,72	3,41	0	0	»
31. XII.	»	»	»		fehlt	379 900	6,62	3,28	0	Spur	»
25. IV.	»	»	»		»	* 75 600	5,53	3,10	0	0	»

Fortsetzung zu Tabelle IV.

Cylinder Nr. IV. Kanalwasserverdünnung 1:13.

Am Boden eine ca. 5 cm hohe Schicht reinen Sandes. Sauerstoffabschluss durch Paraffin. liq.

Datum	Durchsichtigkeit	Farbe	Geruch	Sichtbare Vegetation	Sediment	Bacterien pro ccm	Sauerstoff im Liter	Oxydirbarkeit	NH_3	N_2O_3	N_2O_5
12. VIII.	trübe	gelblich	stinkend	fehlt	deutlich	521 000	Spur	7,14	stark	0	0
9. IX.	»	»	»	»	»	384 780	—	7,32	»	0	0
17. X.	»	»	moderig	Anfänge v. Algenvegetat.	»	292 600	0,26	6,74	»	0	0
31. XII.	leicht trübe	»	»	»	»	282 800	0,19	6,21	»	0	0
25. IV.	»	grünlich	geruchlos	starke Algenvegetation	»	* 63 800	0,43	9,32	mässig	0	0

Cylinder Nr. V. Kanalwasserverdünnung 1:13.

Am Boden eine ca. 5 cm hohe Schicht Flussboden. Sauerstoffabschluss durch Paraffin. liq.

Datum	Durchsichtigkeit	Farbe	Geruch	Sichtbare Vegetation	Sediment	Bacterien pro ccm	Sauerstoff im Liter	Oxydirbarkeit	NH_3	N_2O_3	N_2O_5
12. VIII.	sehr trübe	gelb	stinkend	fehlt	deutlich	638 600	Spur	7,84	} sehr stark (12. VIII.–31. XII.)	0	0
9. IX.	»	»	»	»	»	246 040	—	6,36		0	0
17. X.	trübe	»	moderig	»	»	301 200	0,84	5,44		0	0
31. XII.	leicht trübe	»	gering	Anfänge von Vegetation	»	526 008	0,13	5,29		0	0
25. IV.	trübe	grünlich	fehlt	zieml. lebhafte Vegetation	»	* 6 600	1,05	8,06	stark	0	0

* Gelatineplatte.

Cylindern keine Spur von Algenvegetation auf. Das ursprünglich vorhandene Sediment verschwand. Besonders in Cylinder III, in welchem sich Sandboden befand, konnte man sehr exact constatiren, dass nach ca. 10 Wochen das Sediment bis auf Spuren verzehrt war, und der reine Sandboden vorlag. Dasselbe zeigte sich auch in Cylinder II, wenngleich hier bei der schwarzen Gartenerdefüllung das Bild nicht so überzeugend war.

Ganz anders verhielten sich die Cylinder mit Sauerstoffabschluss im allgemeinen: Das Wasser blieb trübe, stinkend, der Sauerstoffgehalt stieg nur in geringem Grade, die Oxydirbarkeit hielt sich fast auf derselben Höhe, das Ammoniak blieb. Salpetrige Säure und Salpetersäure konnten niemals nachgewiesen werden, die Zahl der Bacterien nahm wenig ab. In allen drei mit Paraffin. liqu. zugegossenen Cylindern aber trat — wenn auch zeitlich verschieden — Algenvegetation auf, so dass die Wässer schliesslich intensiv spangrün aussahen. Endlich bildete sich (besonders in Cylinder IV und V) bei Sauerstoffabschluss ein starkes Sediment aus von schwarzer Farbe und mehreren Millimetern Dicke, welches im Laufe der Zeit sich nur wenig änderte, ja sogar in Cylinder V (mit dem Substrat aus Flussboden zusammen) in deutliche Gärung gerieth (Gasblasen).

Am ersten und mächtigsten entwickelte sich die Algenvegetation im Cylinder I (Beginn schon nach etwa 3 Wochen). Zur Beschleunigung derselben wurde, wie oben angegeben, der Cylinder einem stärkeren Lichte ausgesetzt. Mit dem Ausbreiten der Vegetation konnte man Folgendes constatiren. Einmal verlor das Wasser bald den unangenehmen Geruch, zweitens stieg der Sauerstoffgehalt, aber in viel geringerem Maasse als ich es erwartet hatte. Drittens begann das Ammoniak zu schwinden und liess sich schliesslich gar nicht mehr mit Nessler's Reagens nachweisen. Es traten aber die Oxydationsstufen des Ammoniaks nicht auf, so dass, da eine Verdunstung des Ammoniaks[1]) ausgeschlossen war, die Algen diesen Stoff

1) König, Die Verunreinigung der Gewässer, Bd. I, S. 245.

direct aufgenommen und zum Aufbau ihrer Zellen verwendet haben müssen. Dieser Befund reiht sich also den von Bokorny erhobenen an.

Den gleichen Vorgang konnte ich mehrere Wochen später bei den beiden anderen Wässern unter Sauerstoffabschluss beobachten: der Geruch verringerte sich mit den ersten Anfängen der Vegetation und die Ammoniakreactionen wurden schwächer. Ich bin überzeugt, dass bei noch längerem Zuwarten dasselbe völlig verschwunden sein würde.

Auffallend war mir immer nur die geringe Sauerstoffmenge, die ich trotz der lebhaften Algenvegetation fand.

Knauthe[1]) gibt an, im grellen Sonnenlicht den Sauerstoffgehalt des Wassers bis auf 24‰ steigen gesehen zu haben. Diesen Befund kann ich bestätigen. In einem etwa 2 l Algenwasser enthaltenden Glascylinder, dessen Boden mit Erde und dessen oberer abgeschliffener Rand mit einer Glasscheibe bedeckt war, welche nur durch eine kleine centrale Bohrung Luft zutreten liess, beobachtete ich auch, nachdem der Cylinder den ganzen Vormittag in directer Sonne gestanden hatte, ein Anwachsen des Sauerstoffgehalts auf 23,05‰.

Lässt das Licht nach, so zehren jedenfalls die im Wasser befindlichen Bacterien den Sauerstoff auf und zwar in unserem Falle (Cylinder I, IV, V) bis auf geringe Reste, da durch Diffusion aus der Luft das Sauerstoffdeficit nicht genügend gedeckt werden kann (s. auch II. Theil beim Sauerstoffgehalt).

Diese Thatsache des Absinkens des Sauerstoffgehaltes bei Lichtabschluss ist bereits von Knauthe constatirt worden. Bemerkenswerth aber bleibt, dass der von den Algen producirte Sauerstoff in meinen Versuchen nicht von den Bacterien zur Nitrification des vorhandenen Ammoniaks verwendet wurde. Dass der von den Algen ausgeschiedene Sauerstoff nicht direct oxydirend wirkt, ist übrigens bereits von anderer Seite nachgewiesen worden.[2])

---

1) Knauthe, Der Kreislauf der Gase in unseren Gewässern. Biolog. Centralblatt, 1898, S. 785.

2) Cloëz und Huizinger, cit. nach König.

Ich habe die im Wasser spontan auftretenden Algen botanisch nicht bestimmt. Mikroskopisch waren es meist runde grüne, häufig von gemeinsamen Kapseln umschlossene Zellen. Das Auftreten dieser Algenvegetation geschah, wenn ich das richtig beobachtet habe, schubweise. Das Wasser wurde allmählich immer intensiver grün, völlig undurchsichtig, dann nahm die Intensität der Farbe wieder ab, um nach geraumer Zeit wieder anzuschwellen.

Auf dem Boden der Cylinder (namentlich bei Cylinder I war dies sehr ausgesprochen) lagerten sich grosse Massen von zum grossen Theil abgestorbenen Algen ab. Dieselben gesammelt und bei 110° getrocknet, ergaben gegen 3 g Trockensubstanz.[1])

Die auffallende Thatsache, dass in meinen Versuchen es nur bei Sauerstoffabschluss zur Algenvegetation kam, verlangt eine Erklärung. Der Einwand, den man vielleicht machen könnte, dass nämlich in den beiden Cylindern ohne Sauerstoffabschluss zufällig keine Algenkeime vorhanden gewesen wären, oder dass dieselben aus dem verwendeten Substrat stammten, ist ohne Weiteres hinfällig, da ja in dem Cylinder I ohne Boden die lebhafteste Algenentwickelung einsetzte, sämmtliche Cylinder mit Kanalwasser gleichen Ursprungs gefüllt wurden und ausserdem die gewöhnlichen Algenkeime wohl ubiquitär sind.

Ein schädlicher Einfluss der bei Sauerstoffzutritt gebildeten salpetrigsauren und salpetersauren Salze ist wohl auch kaum anzunehmen und so bleiben, scheint mir, eben nur die Unterschiede im Gasgehalt des Wassers übrig, die man zur Erklärung heranziehen kann.

Vor Allem müsste ein hoher Kohlensäuregehalt des Wassers begünstigend auf das Wachsthum der Algen einwirken. Thatsächlich fand ich in Betreff der freien Kohlensäure in den verschiedenen Cylindern grosse Differenzen: (4. Oct.)

1) Das Sediment bestand allerdings nicht ganz aus Algenmasse, jedoch vorwiegend. Beigemischt waren ihm Reste des Kanalwasser-Sediments.

In 1 l Wasser waren enthalten Kohlensäure:

Cylinder I	11	ccm
» II	2	»
» III	1	»
» IV	6	»
» V	21	»

Knauthe[1]) wies nach, dass bei energischer Sauerstoffentwickelung durch die Algen nicht nur die gesammte, im Wasser absorbirte Kohlensäure verbraucht wird, sondern auch ein Theil der an Alkalien gebundenen, so dass das Wasser dem Phenolphthaleïn gegenüber eine stark alkalische Reaction annimmt.

Demnach müsste überall dort im Wasser, wo durch Oxydationsprocesse reichlich Kohlensäure gebildet wird, sich die stärkste Algenvegetation zeigen. Dies konnte ich nicht constatiren. Wie oben gezeigt (vgl. die Tabellen), waren nach den Zählungen die Unterschiede innerhalb der Spree und des Rheins nicht besonders auffallende. Ja, die höchsten Zahlen für die Fadenformen (Melosira etc.) fand ich (wenigstens im Sommer) in der Havel beim Eiswerder, also an einer Stelle, wo der Fluss noch gar keine Verunreinigungen aufgenommen hat[2]), d. h. die eigentliche Stadt Spandau noch nicht berührt hat.

Sehr auffallend war mir allerdings in der oberen Havel der Reichthum des Flussbodens an Calciumcarbonat. Stellenweise besteht der herausgeholte Grund zum grossen Theile aus Muschelschalen. Es wäre nicht ausgeschlossen, dass zwischen dieser Anhäufung von Carbonaten und dem Kohlensäuregehalt des Wassers Beziehungen bestehen, da ein Theil der Kohlensäure sicher aus den Bicarbonaten stammt. Jedenfalls enthält der Boden der Spree nur verschwindend wenig Muscheltheile.

Hoppe-Seyler[3]) konnte übrigens im Bodensee, welcher stellenweise sehr reich an Calciumcarbonat ist, Beziehungen

1) a. a. O.

2) Die nächste, oberhalb dieser Stelle gelegene nennenswerthe Stadt (Oranienburg) liegt ca. 25 km entfernt.

3) Ueber die Vertheilung absorbirter Gase im Wasser 24. Heft d. Schriften des Vereins f. Geschichte des Bodensees.

zwischen dem Gehalt an Carbonat und freier Kohlensäure nicht nachweisen. —

Was die Frage über die Betheiligung der chlorophyllführenden Organismen an der Selbstreinigung der Flüsse anlangt, so glaube ich aus den angeführten Untersuchungen Folgendes schliessen zu können:

Zunächst sprechen meine Zählungen gegen eine Betheiligung. Eine wirklich erhebliche oder regelmässige Vermehrung des Algen- und Diatomeenplanktons an notorisch unreineren Stellen des Flusses lässt sich nicht erkennen. Einige Zahlen scheinen zwar dafür zu sprechen (so in der Untersuchung vom 11. August die ziemlich hohe Zahl für Melosira am Urbanhafen), im übrigen aber erhält man aber doch den Eindruck — vor allem bei Berücksichtigung der Fehlergrenzen —, dass die Vertheilung eine gleichmässige ist. Besonders gegen eine Betheiligung an der Selbstreinigung sind aber, wie gesagt, die hohen Zahlen aus der oberen Havel anzuführen.

Auch beim Rhein verhält sich die Sache nicht anders. Am Einfluss der Kanalwässer und unterhalb dieser Stelle (Niehl, Rheindorf) sind die Zahlen nicht grösser als vorher, ja im Gegentheil eher geringer.

Was die Laboratoriumsversuche angeht, so scheinen sie für eine Betheiligung der Algen zu sprechen. Sie beweisen aber doch nur, dass gewisse Algenarten auch in stark verschmutzten Wässern gedeihen können, dass sie besonders gut bei Sauerstoffabschluss und reichlicher Kohlensäureanhäufung zu gedeihen scheinen, und dass sie dabei stickstoffhaltige Substanzen dem Wasser entziehen. Dass sie ferner Sauerstoff produciren, der von den Bacterien augenscheinlich zwar nicht zur Nitrification, wohl aber zur Zerstörung anderer organischer Substanzen verwendet werden kann.

Diese Befunde widersprechen den bisher bekannten Thatsachen im wesentlichen nicht. Höchstens sprechen sie gegen die Anschauung einzelner Autoren, dass die

Algen und Diatomeen erst gedeihen könnten bei einem gewissen Reinheitsgrade des Wassers[1]).

Die hier vorliegende Frage ist aber eigentlich mehr quantitativer als qualitativer Art. Ich zweifle nicht daran, dass die Algen und Diatomeen unter gewissen Umständen die Bacterien in ihrer Thätigkeit unterstützen können durch ihre Sauerstoffproduction, die directe Aufnahme organischen Materials durch die Algen schafft aber meines Erachtens nicht das, was wir bei der Selbstreinigung der Flüsse wünschen. Sie stellt schliesslich doch nur eine Transformation todten organischen Materials in lebendes dar. Dieses lebende, neue organische Material verfällt aber über kurz oder lang wieder dem Tode und der Reinigung des Flusses ist also nur insoweit gedient worden, als aus den ekelerregenden Ausscheidungen und Abfällen des menschlichen Haushalts etwas geworden ist, was unsere Sinne nicht abstösst. Das wäre nun allerdings schon ziemlich viel. Aber die Wirksamkeit der Algen und Diatomeen erscheint doch ferner eine recht langsame. Was mit Hilfe des Luftsauerstoffs und der Bacterien in einigen Tagen (d. h. im Laboratoriumsexperiment) geschafft wird, dazu braucht man auf dem Umwege über die Algen und Diatomeen viele Wochen. Ich vergesse dabei nicht, dass es sich bei meinen Versuchen um praktisch nicht bestehende Verhältnisse handelt, aber nur auf diesem Wege scheint es möglich, die Thätigkeit und Wirksamkeit dieser Organismen für sich zu betrachten. Vielleicht würde bei noch längerer Ausdehnung der Versuche schliesslich auch durch die reine pflanzliche Wirkung eine Reinigung des Wassers erzielt werden. Im vorliegenden Falle war der in ca. 5 Monaten bei Sauerstoffabschluss durch die Algen (aber nicht durch sie allein) erzielte Effect nur der (Cylinder IV), dass das Wasser geruchlos geworden war, einen geringen Sauerstoffgehalt aufzuweisen hatte und einen Theil seines Ammoniaks verloren hatte. Dabei aber war die Oxydirbarkeit von dem ursprünglichen Werthe von 7,14 auf 9,33 gestiegen, und auf dem Boden des Gefässes

1) Die einzelnen Algenarten verhalten sich in Bezug auf diesen Punkt allerdings vielleicht verschieden.

hat sich eine mit Algentheilen durchsetzte Schmutzschicht abgelagert.

Die ideale Art der Flusswasserreinigung ist und bleibt die Mineralisirung und Vergasung der organischen Verunreinigungen. Dieselbe kann augenscheinlich nur vor sich gehen bei einem genügenden Sauerstoffgehalt des Wassers resp. einer mässigen Belastung eines Flusses mit Abfallstoffen. Ein schnell fliessender Strom vermag aus der Atmosphäre mehr Sauerstoff aufzunehmen, als ein träg hinfliessendes Gewässer, denn Strömung und Wellen befördern die Absorption, zugleich wird durch Ausdehnung der Sedimentirung auf eine längere Strecke die Masse der organischen Abfallstoffe auf ein grösseres Stromgebiet vertheilt und kann demnach besser bewältigt werden. Vielleicht kommt es auch dann zu keiner Kohlensäureanhäufung und in Folge davon nur zu einer sehr geringen Algenflora. Weitere Untersuchungen schnellfliessender Ströme müssen zeigen, ob die Stromgeschwindigkeit stets das Algenwachsthum nach dieser Richtung hin beeinflusst. Vom teleologischen Standpunkt aus wäre es anzunehmen.

Ein langsam fliessender Fluss wie die Spree vermag im Verhältnis zu der Menge organischer Substanz, die er mitführt, sein Sauerstoffbedürfnis augenscheinlich aus der Atmosphäre nicht zu befriedigen. Als Folge der Kohlensäureanhäufung stellt sich eine üppige Algen- und Diatomeenflora ein, und diese unterstützt durch ihre Sauerstoffproduction die Oxydation der organischen Substanzen durch die Bacterien.

Eine Betheiligung **indirecter** Natur ist somit dem chlorophylltragenden Plankton wohl sicher nicht abzusprechen, die directe Vernichtung organischer Stoffe scheint mir dagegen doch zurückzutreten, wenn sie auch nicht bestritten werden kann. Jedenfalls aber scheinen mir die Algen kein in jedem Falle nothwendiges Glied in der Kette von Mitteln zu

bilden, welche einem verunreinigten Flusse zu seinem früheren Reinheitsgrade wieder verhelfen.

Dass das pflanzliche Plankton den niederen Wasserthieren (Krebsen etc.) zur Nahrung dient und dadurch indirect auch eine Quelle der Ernährung für die höher organisirten Organismen wird, ist nicht zu bezweifeln. In der Spree aber überwiegt das pflanzliche Plankton das thierische in hohem Grade. Ob dieser Ueberschuss aber in einem richtigen Verhältnis steht zu seinen reinigenden Leistungen, das ist doch die Frage. Dass die höheren Wasserpflanzen im Stande sind, organische Stoffe zu assimiliren wurde schon oben erwähnt. Von König und Grosse-Bohle sind die experimentellen Stützen für diese Ansicht geliefert worden.

Andererseits können bekanntlich die absterbenden Pflanzen dieser Art zu einer Calamität führen und ein Wasser völlig durch Fäulnis verseuchen. Das bekannteste Beispiel dafür ist die Wasserpest (Elodea canadensis). Auch die kleinen Algen können bisweilen zu solchen Uebelständen führen, wenn auch nicht in so hohem Maasse. Dies gilt z. B. von der sog. Wasserblüthe (Polycystis aenginosa). Diese Beispiele zeigen, dass bei der »Reinigung« eines Wassers durch chlorophyllführende Pflanzen der Schaden manchmal grösser sein kann als der Gewinn.

(Fortsetzung folgt im nächsten Hefte.)



Fig. 1.
Bacillus pulmonum glutinosus Martini. Geisselfärbung nach Loeffler. 1000 : 1.

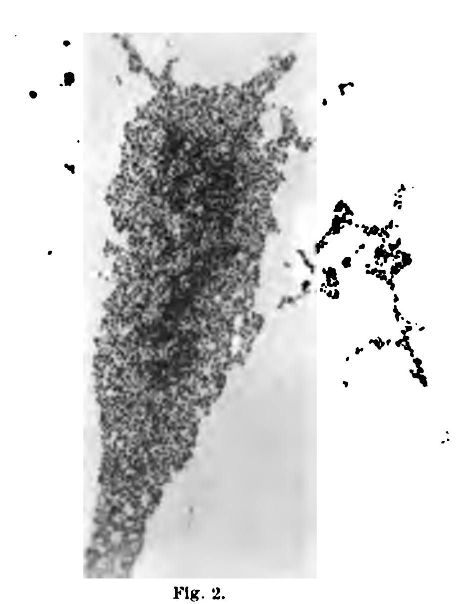


Fig. 2.
Bacillus pulmonum glutinosus Martini. Klatschpräparat von der Gelatineplatte. 1000 : 1.

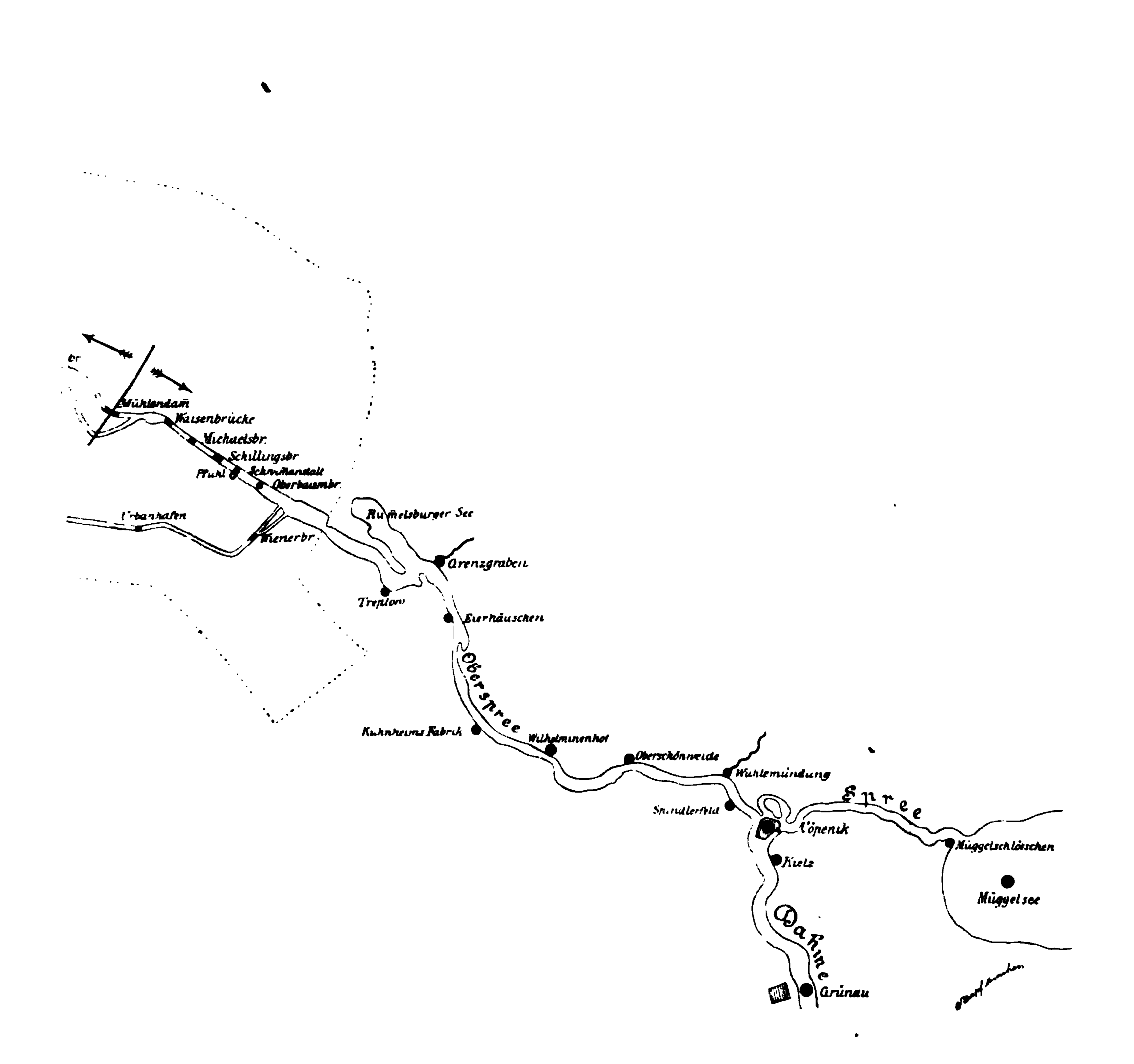
Dr. Carl Günther phot. Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München und Leipzig.

Skizze der ...

Druck und Verlag von R. Oldenbourg in München.

Tafel II.

Entnahmestellen.



Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse.

Von

Dr. Oskar Spitta,
Assistenten am Institute.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

II. Theil. Oxydative Vorgänge im Flusswasser.

Die Selbstreinigung eines Flusses hat sich nicht allein auf die Beseitigung der schwebenden Partikelchen zu beziehen, sondern es ist auch Aufgabe der Reinigungsprocesse, gelöste, dem Wasser mit den Abgängen zugeführte Stoffe zu beseitigen. Dieser letztere Reinigungsprocess kann sich in erster Linie nur auf die Auflösung der organischen Stoffe beziehen, und es unterliegt keinem Zweifel, dass nur die Oxydation die radicale Beseitigung des Organischen herbeiführen kann, nicht aber die Fäulniss, welche ihrerseits nur intermediäre Producte der Zerlegung schafft.

Wir wissen freilich nicht, ob es nöthig ist, alle mit den Abgangswässern zugeführten Verunreinigungen quantitativ wieder zu beseitigen, oder ob nicht einige derselben ganz unbedenklich doch in dem Wasser verbleiben können. Bei dem heutigen Stande des Wissens können wir aber nur die völlige restitutio ad integrum durch Oxydation als erstrebenswerth bezeichnen. Wir wollen zunächst von den praktischen Grenzen des Selbstreinigungsgrades absehen.

Man kann nicht gerade sagen, dass trotz der grossen Wichtigkeit dieser Frage die Angelegenheit wirklich befriedigend geklärt wäre.

Die günstige Veränderung schlechten Wassers durch Faulenlassen ist eine lang bekannte Thatsache. Schon Plinius erzählt, dass man das Wasser durch Faulenlassen zu reinigen pflegte. In Venedig trank man früher ausnahmslos Cysternenwasser, dasselbe schmeckte aber erst gut, wenn es nach einer Art von Gärung sich klärte. Ein ganz ähnlicher Grundsatz liegt in der Aeusserung von Peter Frank: »Die trinkbarsten Wässer erhält man aus den schlechtesten, wenn man diese in vollkommene Fäulniss übergehen lässt, sie dann kocht, durch Sand treibt und einige Zeit in Ruhe stehen lässt.«

So lange man über die Ursachen von Gärung und Fäulniss nicht im Klaren war, konnte man natürlich auch nicht vermuthen, dass an solchen Processen die niederen Organismen irgend einen Antheil nehmen. Erst 1869 hat dann Alexander Müller betont, dass die Lebewesen eine Ursache der Wasserreinigung seien. Hundertfach verdünnter Harn wird durch sie rasch verändert. Desinficirende Zusätze von Essigsäure, Alkohol, aber auch Zucker, sollen die Reinigung herabsetzen. Emich hat unreine Wässer aus Teichen etc. stehen lassen, und nach 2 bis 4 Monaten mittels der Kubel-Tiemann'schen Kaliumpermanganatmethode bestimmt, wieviel Organisches zerstört war. Bei sterilem Wasser trat keine Aenderung ein.

Wenn die nachgewiesene Verminderung der organischen Substanz auch nicht bezweifelt werden soll, so ist doch die angeführte Methode viel zu mangelhaft, um Sicheres über den Grad der Zerstörung organischer Materie zu erfahren. Man kann nach den bis jetzt vorliegenden Versuchen kaum mehr als annehmen, dass unter dem Einfluss von Lebewesen eine Veränderung der organischen Substanzen im Flusswasser eingeleitet wird. Wie gross diese sei, unter welchen Bedingungen sie verläuft, welche Organismen die wesentlichen sind, das alles sind mehr oder minder offene Fragen. Selbst die Bacterien, welche man sonst bei den Fäulnissprocessen in erste Linie zu stellen sich gewöhnt

hat, werden in neuester Zeit als an der Selbstreinigung der Wässer wenig betheiligt angesehen[1]).

Wenn schon die Laboratoriumsexperimente bisher keineswegs einwandsfrei angestellt worden siud, so kann man noch mehr von den an Flüssen selbst gemachten Untersuchungen sagen, dass sie selten zu mehr berechtigen, als eben zur Annahme eines gewissen Schwindens der gelösten organischen Verbindungen, vorausgesetzt, dass die angewandte Methode der Permanganatoxydation hinreichend zuverlässig ist zur Prüfung.

Unter solchen Umständen erschien es nicht unangebracht, die bei der Spree gebotene Gelegenheit zu benutzen, um die Frage der Beseitigung gelöster organischer Stoffe wieder in Angriff zu nehmen.

Findet im Flusslauf eine Zehrung der organischen Substanz statt, und sind daran die Mikroorganismen betheiligt? Das war zunächst die Aufgabe, welche gelöst werden sollte. In welcher Weise dabei vorzugehen sei, musste zunächst entschieden werden. Der bisher eingeschlagene Weg, welchen wir früher auch gewählt hatten, die Veränderung der organischen Substanzen im Laufe des Stromes mittels einer jener Methoden zu verfolgen, die man gemeinhin zur Bestimmung der organischen Substanzen benutzt, war ziemlich aussichtslos.

Im Grunde genommen, reicht die gewöhnliche Methode kaum so weit, um den Consum der organischen Stoffe im allgemeinen darzuthun, da die Reaction mit Permanganat bei den einzelnen Körpern eine höchst verschiedene sein kann.

Aussichtsvoller als die Untersuchung der Bilanz der Nährstoffe im Wasser erschien die Feststellung der respiratorischen Vorgänge in demselben und zwar die Untersuchung des Sauerstoffgehaltes.

Gibt es eine Reinigung von organischer Substanz, so muss sich eine solche unbedingt im Sauerstoffconsum zeigen.

1) Hygien. Rundschau, 1898, 8, 161.

Spaltungen organischer Substanz können zwar ohne den Sauerstoff vor sich gehen, aber die volle Beseitigung organischer Stoffe macht die Anwesenheit und Zehrung des Sauerstoffs zur Voraussetzung.

Ueber den respiratorischen Gaswechsel des Wassers liegen nur wenige Untersuchungen vor. So fand Gérardin,[1]) dass der Sauerstoffgehalt von Regenwasser, das man ruhig stehen lässt, abnimmt, und dass Regenwasser, vom Hofe gesammelt, mehr Sauerstoff verliert. Reichard[2]) sah eine rasche Sauerstoffzehrung eintreten, wenn er Regenwasser mit Torf stehen liess. Knauthe[3]) veröffentlichte Untersuchungen über den Kreislauf der Gase in den Gewässern.

Auf die Schwierigkeiten, welche sich solchen Untersuchungen entgegenstellen, muss im Voraus an dieser Stelle noch hingewiesen werden, weil nur sie manchen Misserfolg und manche Unvollkommenheit erklären können.

Während bei den früheren Wasseruntersuchungen der Spree die Entnahme der Wasserproben an den entfernteren Orten durch besondere Boten vom Lande, von einer Brücke etc. aus, die Entnahme der Proben an näher gelegenen Orten von einem kleinen Motorboot aus durch Beamte der Schifffahrtspolizei erfolgte, und die Proben dann erst nach Einsendung ins Laboratorium der Untersuchung unterzogen wurden, habe ich bei meinen Expeditionen sämmtliche Proben persönlich unter Assistenz von 1 bis 2 Beamten des Instituts[4]) vom Bord eines uns durch die kgl. Wasserbau-Inspection zur Verfügung gestellten Regierungsdampfers aus entnommen. Die bacteriologischen Proben wurden sofort auf dem Schiff verarbeitet, ebenso später ein Theil der Sauerstoffproben, auch die qualitative Prüfung auf Ammoniak und salpetrige Säure wurde später an Ort und Stelle vorgenommen. Für diese Zwecke und für die sonstigen Untersuchungen des Algengehalts, Sauerstoffgehalts, des Flussbodens, der Stromgeschwindigkeit war die Mitführung von ziemlich vielen Utensilien erforderlich. Dass durch den Transport oder andere missliche Umstände zuweilen Proben verloren gingen, ist wohl verständlich.

Das Flussgebiet, das ich bei Berlin befahren habe, hat eine Ausdehnung von etwa 50 km. Bei der Einschaltung der vielen

---

1) Gérardin, Comptes rendues, 1875, 81, 989.

2) Landw. Centralblatt, 1875, 167, und Archiv f. Pharm., 206, 193, cit. nach König.

3) Knauthe, Der Kreislauf der Gase in unseren Gewässern. Biol. Centralblatt, Bd. XVIII, (1898), Nr. 22.

4) In dankenswerther Weise unterstützte mich dabei besonders der Secretär der hygienischen Institute, Herr Papke.

Schleusen in den Stromlauf, der nur mässigen Geschwindigkeit des Dampfers und des langen Aufenthaltes, den die Entnahme der verschiedenen Proben erforderte, war die Bewältigung des ganzen Gebietes nur ausnahmsweise möglich. Für gewöhnlich musste ich mich damit begnügen, vom Centrum der Stadt aus spreeaufwärts (Müggelsee) oder spreeabwärts (Havel) zu fahren. Dabei wurden dann ab und zu auch die Nebenwege (Landwehrkanal) berücksichtigt. Die Probeentnahmen fanden nicht immer an den gleichen Orten statt. Da es darauf ankam, den Flussboden an möglichst verschiedenen Stellen zu untersuchen, so wurden die Stationen öfter gewechselt. Die anderen Proben wurden der Zeitersparnis halber immer an denselben Stellen wie die Bodenproben entnommen. Da für die Spree in zwei früheren Arbeiten[1]) die Veränderungen bei gleichbleibenden Entnahmeorten genügend genau untersucht waren, glaubte ich auf die Constanz der Untersuchungsstationen diesmal weniger Werth legen zu dürfen. So wurden denn in der Untersuchungszeit im ganzen an 46 verschiedenen Punkten in wechselnder Häufigkeit Probeentnahmen veranstaltet. Die Lage und Vertheilung dieser Stellen erhellt aus der beigegebenen Skizze.

Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs hat für Flusswasseruntersuchungen bisher wenig Anwendung gefunden. Zum Theil mag dies an der Complicirtheit resp. Mangelhaftigkeit der Methoden gelegen haben.

Die gasvolumetrischen Methoden (Preusse und Tiemann[2]), Hoppe-Seyler[3])), sowie die titrimetrische Methode nach Schützenberger und Risler u. A., sind zu complicirt, als dass man sie in grösserem Maassstabe ausführen könnte, einige von ihnen auch wenig genau.[4])

1) G. Frank, Z. f. Hyg., 1888. Dirksen und Spitta, Arch. f. Hyg., Bd. 35.

2) Berichte d. deutschen chem. Gesellsch., 12, 1768.

3) Zeitschr. f. analyt. Chemie, 31, 367.

4) Vgl. Tiemann-Gärtner, Untersuch. d. Wässer, 4. Aufl., S. 324 ff.

Von den einfacheren titrimetrischen Verfahren (Mohr[1]), Levy[2]), Winkler[3]), Max Müller und L. Chalanay[4]), Mutschler[5]) erschien mir das Winkler'sche Verfahren als das beste. Es ist auch dasjenige, welches die Nachprüfungen am besten bestanden hat[6]).

Ich habe daher für meine Untersuchungen das Winkler'sche Verfahren nach den Vorschriften von Chlopin durchgehends benutzt und zwar für die Untersuchung von reineren Wässern (destillirtem, Leitungs-, Flusswasser) das gewöhnliche Verfahren, für die Untersuchung von unreinen Wässern (verd. Kanalwässer etc.) das modificirte Winkler'sche. Die Methode ist bequem und hinreichend genau.

Ein Apparat, welcher eine einfache gasvolumetrische Bestimmung der in Wasser gelösten Gase ermöglicht, ist ferner von F. C. G. Müller construirt worden und unter dem Namen »Tenax« eingeführt.[7])

Die Vorzüge des Apparates verkenne ich nicht, habe mich desselben jedoch nur ab und zu bedient, da meiner Ansicht nach feinere Differenzen im Sauerstoffgehalt des Wassers schneller und genauer nach Winkler zu ermitteln sind.

Im allgemeinen hat man, wie schon bemerkt wurde, Sauerstoffbestimmungen im Flusswasser selten ausgeführt. Abgesehen von einigen in der Donau bei Wien und in der Aare bei Bern gemachten Untersuchungen[8]), ist mir nur die freilich nicht sehr umfangreiche Untersuchung des Flusswassersauerstoffs bekannt, welche Boudet und Gérardin 1874 an der Seine an-

---

1) Lehrbuch d. chem.-analyt. Titrirmeth., S. 220, cit. nach Tiemann-Gärtner.

2) Annuaire de l'observatoire de Montsouris, 1885—95, cit. nach Chlopin.

3) Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch., 21, 2843; 22, 1764.

4) Cit. nach Ohlmüller, Die Untersuchung des Wassers, Berlin 1896, S. 58.

5) Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genussmittel 1899 S. 481.

6) Chlopin, Archiv f. Hygiene, Bd. 27, S. 18, Bd. 32, S. 294.

7) Zeitschr. f. angew. Chem. 1899 S. 253.

8) Heider, Verunreinigung der Donau bei Wien. Wissenschaftliche Abhandlungen aus dem k. k. obersten Sanitätsrathe, Wien, 1893. Mutschler a. a. O

stellten[1]). Sie fanden, dass der Sauerstoffgehalt des Seinewassers von dem Punkte an, wo die Pariser Sammelkanäle münden, sich bedeutend verringerte, um später allmählich wieder anzusteigen. Die wesentlichsten Zahlen sind folgende:

	Cubikcentimeter O pro Liter
Brücke von Asnières oberhalb des Sammelkanals	5,34
Clichy, unterhalb des Sammelkanals	4,60
Saint-Denis, rechter Arm oberhalb des Sammelkanals	2,65
Saint-Denis, rechter Arm unterhalb des Sammelkanals	1,02
Bezons	1,54
Marly	1,91
Maison-Lafitte	3,74
Poissy	6,12.

Trotzdem lassen sich aus diesen letzteren Zahlen eingehende Schlüsse nicht ziehen. Aus dem Bericht ist nichts über die Methodik bei der Probeentnahme zu ersehen, die Untersuchungen sind anscheinend nur in geringer Zahl ausgeführt. Als Methode der Sauerstoffbestimmung diente die Schützenberger'sche, eine umständliche Methode, die nach den Untersuchungen von Chlopin[2]) mancherlei Zufälligkeiten ausgesetzt ist. Auch über die Absorption des Sauerstoffs im Wasser überhaupt, über das Zustandekommen der Sauerstoffzehrung, über den Sauerstoffgehalt der vor Poissy mündenden Oise sind Angaben nicht gemacht.

Im allgemeinen ist man wohl vielfach heut zu Tage der Ansicht, dass die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes für die hygienische Beurtheilung eines Flusswassers ohne grosse Be-

---

1) Die Reinigung der Seine. Bericht aus dem Ministerium der öffentl. Arbeiten zu Paris. Uebersetzung. Anhang III zur »Reinigung und Entwässerung Berlins«. Berlin, 1876. Vgl. auch Prausnitz, Der Einfluss der Münchener Kanalisation auf die Isar. München, 1890, S. 72.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. 32, S. 303.

deutung sei[1]. Auch Knauthe[2]) kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schlusse, dass alle aus hygienischen Gesichtspunkten bisher unternommenen Sauerstoffbestimmungen von nur geringem Werthe seien.

Knauthe wies dabei zuerst auf gewisse Fehlerquellen bei früheren Untersuchungen hin. Wir werden aber weiter unten (S. 258) sehen, dass gerade die von ihm gerügten Fehlerquellen unter Umständen die Beurtheilung erleichtern. Den sonstigen ungünstigen Urtheilen über den Werth der Sauerstoffbestimmungen vermögen wir uns nicht anzuschliessen. Wenn man bis jetzt nicht in der Lage war, aus den spärlichen Studien über den Wechsel des Sauerstoffgehalts im Flusswasser Ergebnisse wichtigerer Art herauszulesen, so liegt das hauptsächlich an der Art der Beurtheilung der Untersuchungsergebnisse. —

In der ersten Zeit der Untersuchungen entnahm ich an jeder Station nur eine Probe. Dieselbe wurde ins Laboratorium gebracht, bei Zimmertemperatur vor hellem Licht geschützt aufbewahrt und je nach Möglichkeit am gleichen Abend des Untersuchungstages oder erst am nächsten Vormittag untersucht. Die Resultate finden sich in den folgenden Tabellen. Die Untersuchungen wurden ein Jahr lang vom October 1898 bis December 1899 angestellt. Sämmtliche Proben wurden 1 m unter dem Wasserspiegel geschöpft.[3]) Ich bediente mich dazu eines mit Bleiboden beschwerten Eimers, in welchen genau eine mit eingeriebenem Glasstöpsel versehene, ca. 300 ccm fassende geaichte Flasche passte. Bei der Probeentnahme wurde der Glasstopfen mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel vertauscht. Die eine Bohrung trug ein kurzes, rechtwinklig gebogenes Rohr, das einige Centimeter in die Flasche eintauchte, die andere Bohrung ein kurzes, am unteren Stöpselende abgeschnittenes Rohr, an welchem ein 2 bis 3 m langer Schlauch befestigt war. Die Flasche wurde mit dem Eimer bis in die gewünschte Tiefe (1 m) heruntergelassen, der vorher mit einem Quetschhahn geschlossene Schlauch geöffnet, so dass das Wasser einströmend die Luft verdrängte, und nun oben an den Schlauch eine Zweiwegehahnpumpe angesetzt und mittels derselben $^3/_4$ bis 1 l Wasser heraufgepumpt, so dass man sicher sein konnte, Wasser aus der gewünschten Tiefe in der Flasche zu haben, das mit der vorher darin befindlichen Luft nicht in Berührung gekommen war. Der Eimer wurde sodann schnell emporgezogen und die Flasche mit dem gut eingefetteten Glasstopfen unter sorgfältiger Vermeidung jeder Luftblasenbildung verschlossen.

---

1) Heider, a. a. O., S. 25.

2) a. a. O.

3) Wenige Ausnahmen davon sind besonders angegeben.

Die Proben wurden fast immer nach der Strommitte zu entnommen.

Ueberblickt man die in den Tabellen aufgezeichneten Resultate der Sauerstoffbestimmung, so bemerkt man, dass sich die höchsten Sauerstoffzahlen ausnahmslos in den reinen Fluss- resp. Seegebieten finden (Müggelsee, Grünau, Tegeler See, obere und untere Havel). Die niedrigsten Zahlen liegen zumeist innerhalb der Stadt Berlin (Mühlendamm, Lessingbrücke, Schillingsbrücke, Landwehrkanal, Ebertsbrücke) oder an Stellen ausserhalb Berlins, an denen eine starke Anhäufung und Stagnation von Schiffen stattfindet (Verbindungskanal, Charlottenburger Schleuse) oder der Einfluss eines Schmutzwässer führenden Wasserlaufs vorhanden ist (z. B. Grenzgraben bei Rummelsburg Tabelle V), doch hier meist nur dann, wenn die Proben nahe der Mündung desselben entnommen sind.

Je nach der Dauer der Excursion wurden nun die Sauerstoffproben entweder noch am gleichen Abend oder erst am folgenden Vormittage verarbeitet.

Es fiel mir nun bald auf, dass die Differenzen im Sauerstoffgehalt um so grösser, und das Bild, das die Zahlen für den Sauerstoffgehalt in Betreff des Reinheitsgrades verschiedener Flussgebiete geben, um so typischer und charakteristischer wurde, je länger man mit der Untersuchung wartete. So finden sich z. B. die grössten Differenzen bei der Untersuchung am 13. October und 26. October (I und II), wo die Proben nach 24 Stunden verarbeitet wurden, sehr viel geringere bei der Untersuchung am 12. November und am 3. December (III und IV), wo der Gehalt der Proben am gleichen Abend bestimmt wurde. —

Dass Wasser, welches in verschlossenen Flaschen aufbewahrt wird, eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes zeigt, ist eine schon längere Zeit bekannte Thatsache, die bereits von der englischen Flussverunreinigungs-Commission erwähnt, auch durch Versuche von Gérardin und Reichardt bestätigt, sowie neuerdings von Knauthe festgestellt ist. Diese Versuche waren aber entweder fast nur mit stark verschmutzten Wässern (Kanalwässer resp. Abwässer,

Wasser aus Aquarien und Dorftümpeln) angestellt, oder ergaben im anderen Fall nur eine sehr langsame Sauerstoffzehrung.

Dass eine deutliche Abnahme auch im Flusswasser schon innerhalb weniger Stunden eintreten kann, war auffällig und zur weiteren Verfolgung dieses Vorgangs bestimmte ich vom 27. Mai an (No. VII) den Sauerstoffgehalt direct nach der Entnahme und später (No. VIII bis XII) sowohl direct nach der Entnahme sowie nach einer bestimmten Anzahl von Stunden. Zu diesem Zweck wurden immer zwei Proben an jeder Station entnommen, die Entnahmezeit genau notirt, die erste Probe jedesmal an Bord des Schiffes verarbeitet, die zweite jedesmal genau nach der bestimmten Anzahl von Stunden im Laboratorium. Die zweiten Proben wurden (mit einer Ausnahme, s. No XII) **bei Zimmertemperatur** (18 bis 20°) und vor directem Tageslicht geschützt aufbewahrt. —

Tabelle V.

NB. Durch Schütteln von Spreewasser mit Luft ermittelte ich jedesmal nach dem Winkler'schen Verfahren den Sättigungswerth an Sauerstoff für die gegebene Temperatur (bezeichnet S. W.). Zum Vergleich stelle ich die von Winkler angegebenen Zahlen daneben (W.). Das Sauerstoff-Deficit oder -Plus habe ich nach meinen Zahlen berechnet.

I.

Untersuchung vom 13. October. Wassertemperatur 11,5°. S. W. = 7,61.
*Untersucht nach 24 Stunden. W. = 7,69 (11°).

1 l Wasser enthält ccm Sauerstoff	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus in ccm	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm
7,09	Grünau	— 0,52	60
4,73	Kietz	— 2,88	10 000
6,53	Wuhlemündung	— 1,08	960
3,10	Wilhelminenhof	— 4,51	15 120
0,10	Kuhnheim's Fabrik	— 7,51	78 080
0,23	Rummelsburg	— 6,78	105 600
0,15	Oberbaumbrücke	— 7,46	97 820
0,18	Schillingsbrücke	— 7,43	152 600
0,16	Mühlendamm	— 7,45	17 920

* Diese Notiz bezieht sich stets nur auf die Sauerstoffproben, nicht auf die bacteriologischen Proben, welch' letztere stets sofort nach der Entnahme verarbeitet wurden.

Fortsetzung zu Tabelle V.

II.

Untersuchung vom 26. October. Wassertemperatur 9,0°. S. W. = 8,04.
Untersucht nach 24 Stunden. W. = 8,06.

1 l Wasser enthält ccm Sauerstoff	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus in ccm	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm
8,46	Jörsfelde	+ 0,42	730
8,29	Valentinswerder	+ 0,25	—
8,15	Eiswerder	+ 0,11	2 680
5,40	Spandau (Verein. v. Spree u. Havel)	— 3,64	50 880
1,85	Paulstern	— 6,19	—
1,66	Charlottenburger Schleuse	— 6,38	—
1,12	Am Verbindungskanal	— 6,92	—
0,23	Lessingbrücke	— 7,81	158 720
0,72	Ebertsbrücke	— 7,32	54 080
1,23	Mühlendamm	— 6,81	—

III.

Untersuchung vom 12. November 1898. Wassertemperatur 6°. S. W. = 8,61.
Untersucht nach etwa 6 Stunden. W. = 8,68.

7,79	Müggelsee	— 0,82	360
7,59	Cöpenick	— 1,02	430
6,86	Wuhlemündung	— 1,75	10 850
6,72	Wilhelminenhof	— 1,89	10 666
6,39	Kuhnheim's Fabrik	— 2,22	40 960
5,28	Rummelsburg	— 3,33	7 910
5,57	Oberbaumbrücke	— 3,04	47 360
5,14	Schillingsbrücke	— 3,47	27 000

IV.

Untersuchung vom 3. December 1898. Wassertemperatur 5°. S. W. = 8,84.
Untersucht nach etwa 6 Stunden. W. = 8,91.

9,16	Tegeler See	+ 0,32	240
8,74	Baumwerder	— 0,10	—
9,11	Eiswerder	+ 0,27	3 330
6,75	Spandau	— 2,09	192 000
5,96	Paulstern	— 3,08	—
6,85	Charlottenburger Schleuse	— 1,99	172 800
6,56	Charlottenburger Schlosspark	— 2,38	—
7,49	Lessingbrücke	— 1,35	76 800
7,75	Moltkebrücke	— 1,09	—
7,49	Schlütersteg	— 1,35	60 160

Fortsetzung zu Tabelle V.

V.

Untersuchung vom 10. Februar 1899. Wassertemperatur 2°. S. W. = 9,34.
Untersucht nach ca. 20 Stunden. W. = 9,64.

1 l Wasser enthält ccm Sauerstoff	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm
7,92	Müggelschlösschen	— 1,42	800
7,65	Cöpenick	— 1,69	—
7,63	Wuhlemündung	— 1,71	3 200
7,40	Wilhelminenhof	— 1,94	8 320
7,88	Tabbert's Waldschlösschen	— 1,46	7 680
3,74	Rummelsburg (nahe d. Ufer)	— 5,60	14 080
7,13	Oberbaumbrücke	— 2,21	18 560
6,75	Schillingsbrücke	— 2,59	23 040
6,58	Mühlendamm	— 2,76	—

VI.

Untersuchung vom 29. April 1899. Wassertemperatur 13,5°. S. W. = 7,34.
Untersucht nach ca. 20 Stunden. W. = 7,35 (13°).

8,04	Cladow	+ 0,70	270
6,25	Gatow	— 1,09	Platten wegen schneller Verflüssigung nicht zählbar.
4,92	Spandau	— 2,42	
2,79	Verbindungskanal	— 4,55	
5,41	Lessingbrücke	— 1,93	
5,64	Schlütersteg	— 1,70	
4,86	Mühlendamm	— 2,48	

VII.

Untersuchung vom 27. Mai 1899. Wassertemperatur 16°. S. W. = 6,90.
Sofort nach der Entnahme untersucht. W. = 6,89.

1 l Wasser enthält ccm Sauerstoff bei Entnahme	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm
6,56	Grünau	— 0,34	280
6,26	Kietz	— 0,64	5 120
5,80	Spindlersfeld	— 1,10	11 840
5,89	Oberschöneweide	— 1,01	7 870
5,90	Kuhnheim's Fabrik	— 1,00	6 720
5,73	Neues Eierhäuschen	— 1,17	30 080
5,55	Bahnhof Treptow	— 1,35	69 120
5,79	Pfuhl'sche Badeanstalt	— 1,11	verflüssigt
5,73	Michaelbrücke	— 1,17	49 280
5,64	Mühlendamm	— 1,26	44 160

Fortsetzung zu Tabelle V.

VIII.

Untersuchung vom 13. Juni 1899. Wassertemperatur 17°. S. W. = 6,79.
Sofort nach der Entnahme und nach 30 Stunden untersucht. W. = 6,75.

1 l Wasser enthält ccm Sauerstoff bei Entnahme	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus	1 l Wasser enthält ccm Sauerstoff nach 30 Stunden	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm
5,12	Treptow (Spree)	— 1,67	4,31	48 640
5,13	Landwehrkanal an d. Wiener Brücke	— 1,66	—	47 860
3,58	Landwehrkanal im Urbanhafen . .	— 3,21	—	20 480
3,54	Landwehrkanal an der Schöneberger Brücke	— 3,25	0,04	24 320
3,51	Landwehrkanal an der Lichtensteinbrücke	— 3,28	—	1 940
4,14	Landwehrkanal an der Dovebrücke	— 2,65	—	2 750
4,40	Am Verbindungskanal (Spree) . . .	— 2,39	—	19 200

IX.

Untersuchung vom 7. Juli 1899. Wassertemperatur 18,5°. S. W. = 6,44.
Sofort nach der Entnahme und nach 27 Stunden untersucht.
W. = 6,48. (19°).

1 l Wasser enth. ccm Sauerstoff b. d. Entnahme	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus	1 l Wasser enth. ccm Sauerstoff nach ca. 27 Std.	Absolut. Sauerstoffzehrung in 27 Std. ccm pr. l	Sauerstoffzehrung in 1 St. ccm pro l	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm
5,15	Müggelsee	— 1,29	4,51	0,64	0,023	Platten beim Transport zerstört.
4,69	Spindlersfeld	— 1,75	3,40	1,29	0,048	
4,62	Eierhäuschen	— 1,82	3,73	0,89	0,033	
4,42	Oberbaumbrücke	— 2,02	3,39	1,03	0,038	
4,17	Ebertsbrücke	— 2,27	2,13	2,04	0,076	
3,99	Lutherbrücke	— 2,45	2,86	1,13	0,042	
3,00	Verbindungskanal	— 3,44	2,11	0,89	0,033	
3,76	Fürstenbrunn	— 2,68	2,23	1,53	0,057	
4,72	Spandau	— 1,72	4,11	0,61	0,023	
5,50	Eiswerder	— 0,94	verloren	—	—	

Fortsetzung zu Tabelle V.

X.

Untersuchung vom 28. Juli 1899. Wassertemperatur 21,5°. S. W. = 6,28.
Sofort nach der Entnahme und nach 75 Stunden untersucht.
W. = 6,23 (21°).

1 l Wasser enth. ccm Sauerstoff b. d. Entnahme	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus	1 l Wasser enth. ccm Sauerstoff nach 75 Std.	Absolut. Sauerstoffzehrung in 75 Std. ccm pr. l	Sauerstoffzehrung in 1 St. ccm pro l	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm
5,57	Tegeler See (aus 1 m Tiefe) .	— 0,71	4,42	1,15	0,015	56
5,62	» » » 2 » » .	— 0,66	4,02	1,60	0,021	—
5,60	» » » 3 » » .	— 0,68	3,81	1,79	0,024	—
5,05	Eiswerder	— 1,23	2,66	2,39	0,032	200
4,30	Spandau	— 1,98	1,27	3,03	0,040	1 190
2,62	Fürstenbrunn	— 3,66	0,04	2,58	0,034	100 400
3,21	Verbindungskanal	— 3,07	0,10	3,11	0,041	24 600
3,20	Lutherbrücke	— 3,08	0,16	3,04	0,041	23 265
3,19	Ebertsbrücke	— 3,09	1,04	2,15	0,029	3 370
3,41	Treptow	— 2,87	0,38	3,03	0,040	15 270

XI.

Untersuchung vom 11. August 1899. Wassertemperatur 20°. S. W. = 6,32.
Sofort nach der Entnahme und nach 46 Stunden untersucht. W. = 6,36.

1 l Wasser enth. Sauerstoff bei der Entnahme	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus	1 l Wasser enthält Sauerstoff nach 46 Std.	Absolut. Sauerstoffzehrung in 46 Std. ccm pr. l	Absolut. Sauerstoffzehrung in 1 Std. ccm pr. l	Keime auf Hesse-nährboden pro 1 ccm
4,63	Müggelsee (aus 1 m Tiefe) .	— 1,69	4,21	0,42	0,009	476
4,79	» » 2 » » .	— 1,53	4,43	0,36	0,008	—
4,78	» » 3 » » .	— 1,54	4,01	0,77	0,017	—
4,07	Spindlersfeld	— 2,25	2,75	1,32	0,029	4 820
4,35	Eierhäuschen	— 1,97	2,17	2,18	0,047	16 540
2,58	Urbanhafen (Landwehrkanal)	— 3,74	0,51	2,07	0,045	20 100
1,55	Thiergartenschleuse (Landwehrkanal)	— 4,77	0,37	1,18	0,026	10 400
3,43	Charlottenburger Schleuse .	— 2,89	1,47	1,96	0,043	14 660
4,63	Spandau	— 1,69	3,08	1,55	0,034	3 620
5,40	Eiswerder	— 0,92	4,35	1,05	0,023	340

Fortsetzung zu Tabelle V.

XII.

Untersuchung vom 9. December 1899. Wassertemperatur 2°. S. W. = 9,34.
Sofort nach der Entnahme und nach 48 Stunden untersucht. W. = 9,64.

1 l Wasser enth. Sauerstoff bei der Entnahme	Entnahmestelle	Sauerstoff-Deficit oder -Plus	1 l Wasser enthält Sauerstoff nach 48 Std.*	Absolut. Sauerstoffzehrung in 48 Std. ccm pr. 1	Absolut. Sauerstoffzehrung in 1 Std. ccm pr. 1	Keime auf Gelatineplatte pro 1 ccm	Keime auf Hessenährbod. pro 1 ccm
8,52	Eiswerder	— 0,82	8,29	0,23	0,005	432	5 900
7,98	Spandau	— 1,36	7,52	0,46	0,010	860	2 000
7,92	Charlottenb. Schleuse .	— 1,42	6,58	1,34	0,029	4 590	23 488
7,99	Lessingbrücke	— 1,35	7,48	0,51	0,011	8 074	24 288
8,03	Moltkebrücke	— 1,31	7,49	0,54	0,011	9 082	32 338
8,18	Ebertsbrücke	— 1,16	7,45	0,73	0,015	5 000	28 016
8,09	Waisenbrücke	— 1,25	7,53	0,56	0,012	5 830	11 033
8,64	Schillingsbrücke . . .	— 0,70	7,59	1,05	0,022	10 873	7 467
8,22	Treptow	— 1,12	7,27	0,95	0,020	11 818	19 988

* Die Proben wurden nicht wie sonst bei Zimmertemperatur (15—20°), sondern bei 5—10° aufbewahrt.

Die vorstehenden Zahlen lehren, dass in der Spree zu keiner Jahreszeit und an keiner Stelle ein Wasser geschöpft wurde, welches frei von Sauerstoff war, wenn schon bisweilen eine starke Verringerung des Sauerstoffgehaltes unverkennbar ist.

Für die Uebersättigung des Wassers mit Sauerstoff finden sich in der Spree keine Anhaltspunkte. Das Wasser kann in Berührung mit atmosphärischer Luft gemäss der Tension der Gase weniger an Sauerstoff absorbiren, als wenn ein sauerstoffreicheres Gemenge im Austausch mit dem Wasser steht. Solche Gemenge könnten an den Wuchsstellen der Algen und anderer pflanzlicher Sauerstoffproducenten entstehen. Dieses Letztere ist offenbar vielfach der Fall. In die Erscheinung kann aber diese Thatsache nur treten, wo nicht der Sauerstoffverbrauch im Wasser die Production (durch Diffusion aus der Luft und die Thätigkeit der chlorophyllführenden Organismen) übertrifft. Daher finden wir in einigen, schon durch frühere Untersuchungen

als rein gekennzeichneten und durch meine Planktonzählungen theilweise als besonders algen- und diatomeenreich erkannten Flussgebieten der Havel (Jörsfelde, Valentinswerder, Eiswerder, Tegeler See, Cladow) bisweilen (26. October, 3. December, 29. April) Sauerstoffzahlen, welche den Sättigungswerth mit Luft um ein Geringes übersteigen.

Sommer und Winter zeichnen sich deutlich durch den verschiedenen Gasgehalt des Wassers aus. Dies ist ja auch, soweit die physikalischen Verhältnisse in Frage kommen, selbstverständlich. Die Winterzahlen sind höher als die Sommerzahlen. Da das Wasser sich im Sommer, entsprechend seiner höheren Temperatur, weniger stark mit Sauerstoff beladen kann, so kann man sagen, dass im Sommer das Wasser mehr Tendenz hat, in Fäulniss zu gerathen. Das Sommerwasser hat aber noch eine Eigenthümlichkeit, indem die örtlichen Schwankungen des Sauerstoffgehaltes viel bedeutender sind wie im Winter, nicht nur procentisch, sondern auch absolut betrachtet. Stellen, welche nach unseren früheren Erfahrungen als verunreinigt gelten können, zeigen im allgemeinen eine stärkere Sauerstoffzehrung als reine Bezirke.

Von den Wassertiefen (siehe betreffs der Tiefenverhältnisse die Generaltabelle) sind meine Ergebnisse anscheinend unbeeinflusst. Nennenswerthe Verschiedenheiten im Gasgehalt des Wassers finden sich selbst bis 3 m Tiefe nicht vor (vgl. Tegeler See und Müggelsee). Grössere Tiefen sind aber in der Spree selten.

Bei grösseren Tiefen (Bodensee[1]), Genfer See[2]), Meer[3])) hat man eine allmähliche Abnahme des Sauerstoffgehalts gefunden. —

Ein ganz anderes Bild ergibt sich für den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers. Bei der oben beschriebenen Rheinexcursion wurde dem Sauerstoffgehalt des Flusswassers in gleicher Weise Betrachtung geschenkt wie an der Spree.

---

1) Hoppe-Seyler, a. a. O.

2) Walter, vgl. später bei den Diffusionsvorgängen.

3) Natterer u. A. siehe später.

Es wurden an allen acht Stationen je drei Proben entnommen, die erste jedesmal sofort, die zweite nach 24 Stunden und die dritte nach 72 Stunden untersucht. Als Wassertemperatur wurde 14° gemessen. Die Proben wurden 1 m unter dem Wasserspiegel entnommen, was bei der starken Strömung ziemliche Schwierigkeiten machte. Die Aufbewahrung der Proben geschah bei einer Temperatur von 14 bis 18° im Dunkeln.

Die gefundenen Werthe sind nebst den Bacterienzahlen (sowohl Gelatineplatten als Albumose-Agarplatten nach Hesse und Niedner[1]) wurden gegossen) in der beifolgenden Tabelle verzeichnet. Leider kann ich für Nr. 5a keine Keimzahlen anführen, weil eine Anzahl von Platten auf dem Transport zerbrachen.

Die Probe Nr. 3a ist später entnommen worden, nämlich erst am 16. Februar ds. Js. durch Vermittelung der kgl. Wasserbauinspection zu Köln.

Augenscheinlich war ich nämlich bei der Entnahme der Sauerstoffproben Nr. 3 aus dem Bereich der Schmutzwasserzone herausgekommen. Bekanntlich mischt sich das Wasser zweier zusammenfliessender Ströme nur langsam. Sind die beiden Wässer an Farbe verschieden, so lässt sich das eine in dem anderen noch eine ziemliche Strecke weit verfolgen, bis die Mischung vollendet ist. Diese Erscheinung zeigt sich auch bei dem Einfluss der Kölner Kanalwässer und besonders später am Einfluss der Wupper, welche als schwarzer Strom in der rechten Seite des Rheinbettes längere Zeit sichtbar bleibt. Während die bacteriologische und die Netzprobe Nr. 3 also aus dem Bezirk des »Schmutzstreifens« geschöpft erscheinen, ist dies, wie gesagt, bei der Sauerstoffprobe nicht der Fall. Ich sandte daher im Februar noch einmal entsprechende Flaschen etc. nach Köln, und liess durch einen Beamten der Wasserbauinspection, welcher seiner Zeit mir bei den Probeentnahmen assistirt hatte, nochmals drei Proben unterhalb

---

1) a. a. O.

(Fortsetzung des Textes auf S. 233.)

Tabelle VI.

Sauerstoff- und Keimgehalt des Rheinwassers zwischen Marienburg und Vollmerswerth am 25. September 1899.

Wassertemperatur 14°. Sättigungswerth für Wasser mit Sauerstoff bei 14° (Winkler) = 7,19.

Nr.	Entnahmestelle	1 l Wasser enthält Sauerstoff bei der Entnahme ccm	Sauerstoff-Deficit	Sauerstoff nach 24 Stunden ccm	Sauerstoff nach 72 Stunden ccm	Sauerstoff-Deficit in 72 Stunden	Absolute Sauerstoff-zehrung pro Stunde ccm pro 1	Keime auf Gelatine-platte pro 1 ccm	Keime auf Hesse-Nährboden pro 1 ccm
1	Marienburg, oberhalb Köln (Mitte) .	6,30	— 0,89	6,34	5,49	— 0,81	0,011	1 950	2 000
2	An der Mühlheimer Schiffbrücke (Mitte)	6,33	— 0,86	6,19	5,12	— 1,21	0,017	3 330	9 010
3	Unterhalb des Stammsiels bei Niehl (Mitte)	6,39	— 0,80	6,18	5,23	— 1,16	0,016	13 300	12 140
3a[1]	Unterhalb des Stammsiels bei Niehl (etwas linke Stromseite) . . .	7,63	?	1,27	0,00[2])	— 7,63	0,27[3])	—	—
4	Oberhalb Wiesdorf (Mitte)	6,72	— 0,47	6,23	5,47	— 1,25	0,017	—	3 690
5	Oberhalb Rheindorff, unterhalb der Wuppermündung (Mitte) . . .	6,36	— 0,83	6,30	5,08	— 1,28	0,018	1 450	8 520
5a	Oberhalb Rheindorff, rechte Seite (Wupperwasser)	6,18	— 1,01	fehlt	2,71	— 3,47	0,048	—	—
6	Oberhalb Mohnheim	6,65	— 0,54	5,97	5,20	— 1,45	0,020	2 470	6 830
7	Oberhalb Zons	6,69	— 0,50	6,28	5,07	— 1,62	0,023	2 730	7 140
8	Oberhalb Volmerswerth	6,67	— 0,52	6,19	5,18	— 1,49	0,021	3 650	4 720

1) Entnommen am 16. Februar. Temperatur des Rheinwassers nicht angegeben.
2) Dieser Werth war schon nach 48 Stunden erreicht. Bacteriologische Probe konnte leider nicht genommen werden
3) Aus der Abnahme in 24 Stunden berechnet.

des Sammlers bei Niehl entnehmen und als Eilsendung mir zuschicken.

Um den Sauerstoffgehalt während der Probeentnahme zu fixiren, gab ich in die erste von den Flaschen vorher die für die Winkler'sche Sauerstoffbestimmung nöthige Menge von Natronhydrat.[1]) Durch Hinzugabe des zu untersuchenden Wassers entsteht in den 300 bis 350 ccm enthaltenden Entnahmeflaschen dann eine ca. 0,3 proc. Natronhydratlösung, in welcher eine Weiterentwickelung von Bacterien nicht anzunehmen ist. Einige von so behandelten Wässern angelegte Plattenculturen blieben steril. Nachdem die Proben im Laboratorium angelangt sind, wird dann die Manganchloridlösung zugefügt. Für gewisse Fälle, wo man Reagentien, Pipetten etc. nicht mitführen kann, oder die Probeentnahme ungeübten Personen überlassen muss, erscheint mir dies Verfahren am Platze, wenn man die Sauerstoffzehrung in einem Wasser bestimmen will. Ein Durchspülen der Flasche mit dem zu untersuchenden Wasser kann dabei allerdings nicht stattfinden. Knauthe empfahl zur Verhinderung der Sauerstoffzehrung den Zusatz von Kaliumpermanganat. Er arbeitete allerdings nicht mit der Winkler'schen chemischen, sondern mit der Müller'schen[2]) gasvolumetrischen Methode. Der Zusatz anderer conservirender Mittel, wie Chloroform, Sublimat, Carbolsäure u. dgl., ist wegen den bei der Winkler'schen Methode dabei eintretenden chemischen Umsetzungen ausgeschlossen.

Ein Blick auf die Tabelle lehrt, dass das Rheinwasser an keiner Stelle für die gegebene Temperatur mit Sauerstoff gesättigt war. Das Deficit ist aber an allen Stellen ein ziemlich gleichmässiges. Es schwankt nur zwischen —0,50 und —1,01 ccm pro Liter.

Auffallende Unterschiede im Sauerstoffgehalt finden sich nirgends. Die Sauerstoffzehrung in 24 resp. 72 Stunden ist eine mässige und ziemlich gleichförmige. Nur an zwei Stellen ist sie beträchtlich. Erstens bei der Untersuchung vom 16. Februar bei Niehl (3 a) und zweitens unterhalb der Wuppermündung an der rechten Rheinseite (5 a). Beides sind die Stellen, an welchen der Rhein auf der untersuchten Strecke die hauptsächlichen verunreinigten Zuflüsse erhält.

Der Rhein unterscheidet sich demnach wesentlich von der Seine und der Spree. In den beiden letzteren kann der Sauerstoffgehalt bedeutend sinken, bei der Spree sogar trotz Ausschluss der Kanalwässer vom Fluss.

1) Ich verwendete immer 3 ccm 32—33 proc. Natronlauge.

2) S. o. »Tenax«-Apparat.

Der Rhein scheint seinen Gasgehalt ziemlich fest zu halten, er gleicht — nach den Untersuchungen von Heider zu schliessen — darin sehr der Donau bei Wien, welcher er auch in Betreff Wasserführung und Stromgeschwindigkeit sehr nahe steht[1]). Der Sauerstoffgehalt der Donau schwankte in der einen Untersuchung vom 25. März zwischen 6,86 und 8,42 ccm pro Liter, in der anderen Untersuchung vom 23. September zwischen 5,71 und 6,97 und in der vom 28. September zwischen 5,96 und 6,62 ccm. Die Untersuchungen geschahen ebenfalls nach der Winkler'schen Methode und wurden kurz nach der Entnahme ausgeführt.

Berechnet man die Sauerstoffzehrung für eine Stunde und 1 l Wasser (vgl. die entsprechende Columne in den Tabellen), so zeigen sich Schwankungen von 0,005 bis 0,076 ccm im Spree-Havelgebiet und solche von 0,011 bis 0,048 (bezw. 0,27) am Rhein. D. h. also, es kann zu gewissen Zeiten an bestimmten Orten der Spree unter Umständen etwa 15 mal so viel Sauerstoff zur Oxydation gebraucht werden, als an anderen Stellen, beim Rhein dagegen nur etwa 4 mal bis 25 mal so viel. Letztere Zahl indes (Zehrung Nr. 3 a) bezieht sich eigentlich nur auf das dem Sammelkanal entströmende verdünnte Kanalwasser vor der gründlichen Mischung mit dem Flusswasser, ist also nur unter diesem Vorbehalt zu betrachten.

Besonders niedrig ist der stündliche Sauerstoffverbrauch im Tegeler See und Müggelsee, auch in der Havel. Hohe Zahlen finden sich an verschiedenen Punkten der Spree und des Landwehrkanals (Ebertsbrücke, Spindlersfeld, Fürstenbrunn, Lutherbrücke, am Verbindungskanal, Treptow, Eierhäuschen, Charlottenburger Schleuse, Spandau, Urbanhafen). Dies gilt im Wesentlichen für die Sommerzahlen. Im Winter ist die Zehrung geringer.

Uebersieht man zugleich die Menge der vorhandenen Bacterien, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, dass Bacteriengehalt und Sauerstoffzehrung vielfach

1) Vgl. Heider, Untersuchungen über die Verunreinigung der Donau durch die Abwässer der Stadt Wien. Wien, 1893, S. 6.

proportional miteinander gehen. Wenigstens ist dies in der warmen Jahreszeit ziemlich deutlich.

Am Rhein macht sich ausser dem Einfluss der Sielwässer der Zufluss des stark verunreinigten Wupperstromes in der Grösse des Sauerstoffverbrauchs geltend. Die niedrigste Zahl findet sich oberhalb Kölns bei Marienburg, dann steigen die Zahlen (wenn man von den Zahlen am Sieleinfluss absieht und die in der Strommitte gefundenen Werthe nur berücksichtigt) allmählich bis auf das Doppelte. Auch hier scheint ein Zusammenhang der Zehrungsgrösse mit der Menge der Bacterien zu bestehen (wenigstens mit den mittels Hesse-Platten gewonnenen Zahlen).

Es würden diese Werthe für die Sauerstoffzehrung etwa zu demselben Schluss führen können, den Kruse[1]) bei der Untersuchung der gleichen Strecke zwischen Marienburg und Vollmerswerth aus seinen Bacterienzahlen gezogen hat: Verdoppelung der ursprünglichen Keimzahl.

Ursachen der Sauerstoffzehrung im Wasser.

Aus den vorliegenden Zahlen lässt sich noch nicht mit Bestimmtheit entnehmen, welchen Ursachen die Sauerstoffzehrung im Wasser ihre Entstehung verdankt und welche Bedeutung ihr quantitatives Verhalten hat.

Es schien daher geboten, einige Laboratoriumsexperimente anzustellen.

Lässt man reines (filtrirtes) Wasser der Berliner Wasserleitung bei Zimmertemperatur offen stehen, so ändert sich sein Sauerstoffgehalt nicht wesentlich.

Für die Versuche benutzte ich die oben schon bezeichneten hohen, ca. 20 l fassenden Glascylinder. Die Proben wurden mittels Hebers aus der Mitte der Wassersäule entnommen im ruhigen, langsamen Strom. Das Heberrohr wurde jedesmal bis auf den Boden der Probeflasche geführt, so dass eine Aufnahme von Sauerstoff beim Einströmen nicht statthaben konnte.

1) Kruse, Beiträge zur prakt. Hygiene. II. Ueber Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege, 18. Jahrgang. Ref. Deutsche med. Wochenschr., 1900, Nr. 3.

So fand ich in einem Falle folgendes Verhalten bei ziemlich constanten Temperaturverhältnissen.

Tabelle VII.

Datum	Cubikcentimeter Sauerstoff im Liter
14/12	8,16
16/12	7,93
19/12	8,09
21/12	8,58
23/12	8,32
31/12	8,08
5/1	8,25.

Es wäre eine Täuschung, aus diesen Zahlen ohne Weiteres ableiten zu wollen, dass hier eine O-Zehrung gar nicht besteht. Es kann sich hier um ein labiles Gleichgewicht zwischen Sauerstoffzufuhr und Sauerstoffverbrauch handeln.

Letzteres wird durch folgenden Versuch wahrscheinlich gemacht: Schliesst man den Luftzutritt ab, indem man auf die Oberfläche des Wassers eine etwa 3 cm dicke Schicht Paraffin. liq. giesst, so lässt sich bald folgendes Verhalten constatiren.

Tabelle VIII.

Datum	Cubikcentimeter Sauerstoff im Liter
16/12	5,30
19/12	4,99
21/12	4,55
23/12	4,71
29/12	3,71
31/12	2,47
5/1	1,95
3/2	0,10,

d. h. also, es sinkt der Sauerstoffgehalt von Tag zu Tag.

Der Paraffinverschluss ist übrigens nicht im Stande, die Diffusion von Sauerstoff aus der Luft in das Wasser auszuschliessen. So enthielt unter Paraffin ausgekochtes destillirtes Wasser 12 Stunden nach dem Auskochen 0,44 ccm, 36 Stunden

später bereits 1,36 ccm im Liter[1]). Der Ausgleich wird also nur sehr erschwert. —

Anders als das filtrirte Leitungswasser verhält sich unreines Wasser. Mischt man z. B. Kanalwasser mit Leitungswasser (im Verhältnis 1 : 15) und lässt die Mischung an der Luft stehen, so kann man folgendes Verhalten constatiren; z. B.

Tabelle IX.

Datum	Sauerstoff (Cubikcentimeter im Liter)	Temperatur
16/12[2])	0,28	13,0
19/12	0,33	13,0
21/12	0,36	11,5
23/12	0,99	10,0
29/12	4,04	8,0
31/12	3,25	8,0
5/1	4,61	10,5
3/2	6,26	12,0.

Umgekehrt verliert eine solche Mischung mit Paraffinabschluss sehr schnell ihren Sauerstoffgehalt; z. B.

Tabelle X.

Datum	Sauerstoff (Cubikcentimeter im Liter)	Temperatur
23/12	7,17[3])	12,0
24/12	0,28	10,0
29/12	0,19	8,0
31/12	0,18	8,0
5/1	0,17	10,5
3/2	0,00	12,0,

und zwar wird augenscheinlich der vorhandene Sauerstoff im Anfang rapide aufgezehrt, während die Reste sich eine Zeit lang erhalten können.

1) Vgl. Pettenkofer und Voit, Zur Frage der Ausscheidung gasförmigen Stickstoffs aus dem Thierkörper. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 16, S. 508.

2) Etwa 30 Stunden vorher gemischt.

3) Unmittelbar nach der Mischung untersucht.

Diese Versuche zeigen also, dass im Wasser ein permanenter Gaswechsel stattfindet. Der Sauerstoff wird aufgezehrt, das Deficit wird durch Aufnahme aus der Luft möglichst gedeckt. Wo eine solche Aufnahme nicht möglich ist, sinkt der Sauerstoffgehalt allmählich bis gegen 0, aber verschieden schnell, je nach der Qualität des Wassers. Während dieser Process bei dem relativ reinen filtrirten Berliner Leitungswasser wochenlang dauert, spielt er sich bei dem verdünnten Kanalwasser in 24 Stunden und noch schneller ab.

Hält sich die Sauerstoffzehrung und die Sauerstoffaufnahme das Gleichgewicht, so finden wir immer ungefähr den gleichen Sauerstoffgehalt (Tabelle VII). Andererseits tritt durch Diffusion aus der Luft und andere Vorgänge allmählich wieder eine Anreicherung ein, wenn die Sauerstoffzehrung im Wasser, d. h. die dort sich abspielenden Oxydationsvorgänge geringfügige geworden sind (Tabelle IX).

Es fragt sich nun, wodurch die Sauerstoffabnahme bedingt wird und wovon ihre Grösse abhängt.

Spreewasser, an der Mühlendammbrücke geschöpft, zeigte kurz nach der Entnahme einen Sauerstoffgehalt von 3,55 ccm pro Liter. Nach 43 Stunden war derselbe bei Aufbewahrung des Wassers bei Zimmertemperatur in geschlossenen Flaschen auf 0,89, nach 93 Stunden auf 0,04 heruntergegangen. Es hatte sich also eine stündliche Sauerstoffabnahme von anfänglich 0,062 ccm pro Liter, später nur eine solche von 0,017 ccm pro Liter gezeigt[1]).

Reicherte man das Wasser durch Schütteln mit Luft zunächst mit Sauerstoff an, so dass der Gehalt 5,10 betrug, so sank er nach 43 Stunden auf 2,23 ccm pro Liter (Zehrung = 0,066 ccm pro Stunde und Liter).

Dasselbe Wasser wurde nun vorher im Dampf sterilisirt und erkalten gelassen. Nach 24 Stunden war der

1) Die Wasserproben waren am 14. Juli bei einer Wassertemperatur von 19,5° entnommen.

Sauerstoffgehalt 3,28, nach Schütteln unter Watteverschluss 5,46. In geschlossenen sterilisirten Flaschen aufbewahrt, unter den gleichen Bedingungen wie oben, war der Sauerstoffgehalt nach 50 Stunden 3,16 resp. 5,38. Die bacteriologische Plattenprobe ergab, dass das Wasser steril geblieben war.

Während also das nicht sterilisirte Wasser eine lebhafte Sauerstoffzehrung aufzuweisen hatte, war bei dem sterilisirten so gut wie kein Verlust eingetreten. So kleine Differenzen wie die bei den sterilen Proben gefundenen sind zu vernachlässigen und liegen wohl innerhalb der Fehlergrenzen. Einmal lässt es sich nicht absolut vermeiden, dass beim Einfüllen des Wassers in die verschiedenen Flaschen ganz geringfügige Aenderungen im Luftgehalte der einzelnen Proben eintreten, ferner ist es möglich, dass manchmal das zum Dichten der Glasstopfen benutzte Wachsfett ein wenig Jod aufnimmt.

Durch Infection des sterilisirten Wassers kann man die Sauerstoffzehrung wieder in Gang bringen.

Dieser eine Versuch, ebenso wie andere ähnlich ausgeführte, zeigt, dass die Sauerstoffzehrung zum weitaus überwiegenden Theil an die Gegenwart von Bacterien geknüpft ist.

Im übrigen entspricht diese Erscheinung nur den bekannten Thatsachen, dass in verunreinigten Wässern, ebenso wie im Boden, die Oxydation der organischen Substanzen sistirt wird durch Abtödtung der Mikroorganismen (Alex. Müller, Emich, Warrington, Soyka, Moser, Uffelmann, Salkowski[1])).

Emich[2]) beispielsweise constatirte, dass sterilisirtes Wasser sein Verhalten zu Kaliumpermanganat (Kubel's Methode) nicht oder doch nur ganz unwesentlich ändert. (Sein steriles Wasser verbrauchte anfänglich 12 ccm Kaliumpermanganat, nach 120 Tagen 11,8 ccm), während nicht steriles seine Oxydations-

---

1) Literatur s. Tiemann-Gärtner, Untersuchung d. Wässer, 1895, S. 544—545.

2) Emich, Sitzungsberichte der mathem. naturwissenschaftl. Classe der Kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien, 1885, 91, II. Abth., 67.

fähigkeit stark einbüsste. (Anfänglich 11,6 ccm Kaliumpermanganat, nach 120 Tagen nur noch 2,4 ccm.) —

Zwischen der nach Kubel-Tiemann gefundenen Menge organischer Substanz und der Zahl der vorhandenen Bacterien ist ein einigermaassen constanter Zusammenhang bekanntlich nicht zu finden. Das übermangansaure Kali greift eben nur ganz bestimmte Theile der organischen Substanz an. Wenn auch a priori klar ist, dass der Nährstoffgehalt die Bacterienzahl beeinflussen muss, so besteht doch, wie Rubner[1]) gezeigt hat, in praxi zwischen beiden deswegen kein festes Verhältnis im freien Wasser, weil hier fortwährend ein Sedimentationsprocess der Bacterien eintritt, durch den die weniger kräftigen Organismen ausgeschieden werden.

Experimentell lässt sich der Einfluss des Nährmaterials auf das Bacterienwachsthum auch mittels der Methode der Sauerstoffzehrung gut zeigen.

Zunächst ist der Unterschied in der Zehrung zwischen nicht sterilisirtem Flusswasser und nicht sterilisirtem destillirten Wasser sehr deutlich. Letzteres zeigte mir, bei Luftabschluss aufbewahrt, z. B. in 72 Stunden nur eine Abnahme des Sauerstoffgehalts von 5,80 auf 5,76 ccm, obgleich es längere Zeit in offenem Gefäss gestanden hatte, also sicher Keime enthielt[2]). Sterilisirtes destillirtes Wasser änderte seinen Sauerstoffgehalt in 72 Stunden, ebenfalls bei Zimmertemperatur aufbewahrt, unter Luftabschluss nur von 5,98 auf 5,85 ccm. Wiederholungen dieser Versuche führten zu gleichen Resultaten.

Inficirt man destillirtes steriles Wasser künstlich z. B. mit Fluorescens liqu., so nimmt trotzdem der Sauerstoffgehalt nicht wesentlich ab. Ein solches Wasser enthielt z. B. im Anfang des Versuches 4,38 ccm O pro Liter und gegen 1600 Keime pro Cubikcentimeter. Nach 24 Stunden war der O-Gehalt unverändert und die Bacterienzahl auf ca. 400 Keime gesunken.

1) Rubner, Beitrag zur Lehre von den Wasserbacterien. Archiv f. Hygiene, Bd. XI.

2) Ich fand in unserem destillirten Wasser nach längerem Stehen im Laboratorium 200 bis 4000 Keime pro 1 ccm.

Wie man sieht, besteht also zwischen sterilisirtem und nicht sterilisirtem destillirten Wasser in Bezug auf die Sauerstoffzehrung kein wesentlicher Unterschied.

Mässig ist auch die Sauerstoffzehrung im filtrirten Berliner Leitungswasser. Sterilisirtes Leitungswasser verlor bei 15° und Luftabschluss in 72 Stunden keinen Sauerstoff. Nicht sterilisirtes unter gleichen Bedingungen mit einem Keimgehalt von 36 pro Cubikmeter zeigte nach 72 Stunden einen Sauerstoffgehalt von 5,56, vor dem Versuch einen solchen von 6,05, also eine stündliche O-Zehrung pro Liter von 0,006 ccm. Die Keimzahl war am Schluss auf mehrere Tausend angewachsen. Noch directer und besser lässt sich der Einfluss des Gehalts an Nährmaterial zeigen beim künstlichen Zusatz von Bacteriennährstoffen.

Ich benutzte z. B. ein Spreewasser, das 24600 Keime im Cubikcentimeter (Gelatineplatte) enthielt und liess dasselbe unter Luftabschluss bei Zimmertemperatur stehen. Der Sauerstoffgehalt sank währenddem von 6,44 auf 4,72 ccm, entsprechend einem stündlichen O-Verbrauch pro Liter von 0,072 ccm. Ersetzte ich nun bei demselben Wasser 3% durch Fränkel'sche Nährlösung[1]) (modificirte Uschinskylösung, enthaltend 0,5% Kochsalz, 0,2% Kaliumbiphosphat, 0,4% Asparagin und 0,6% milchsaures Ammoniak), so sank der Sauerstoffgehalt unter denselben äusseren Bedingungen von 6,62 auf 0,31 ccm pro Liter in 24 Stunden, das entspricht einer stündlichen O-Zehrung von 0,26 ccm pro Liter, das ist mehr als das 3½fache des ersten Werthes.

Es zeigt also dieser künstliche Zusatz von Nährstoffen den grossen Einfluss des Nährmaterials. Uebertragen wir diese Thatsachen auf praktische Fälle, so werden wir in einem Flusswasser eine um so grössere Sauerstoffzehrung voraussetzen können, je mehr es mit gut nährenden organischen Bestandtheilen verunreinigt ist.

---

1) Nährbouillon oder Fleischextractlösung lässt sich bei diesen Versuchen nicht verwenden, da selbige mit dem freiwerdenden Jod sich umsetzen.

Nun sind aber die einzelnen Nahrungsstoffe in ihrem Werth für die Bacterien sicher ziemlich verschieden. Ich wiederholte daher den Versuch, indem ich getrennt in demselben Mengenverhältnisse wie oben (3%) die Lösung der einzelnen Componenten der Fränkel'schen Nährflüssigkeit, d. h. also 1. anorganische Salze, 2. Asparaginlösung, 3. milchsaures Ammoniak, dem Wasser zufügte. Zugleich stellte ich durch Plattencultur (Gelatine) die Aenderung in den Bacterienzahlen für die erste Periode fest.

Tabelle XI.

	Sauerstoffgehalt			Bacteriengehalt	
	bei Beginn	nach 18 Stund.	nach 42 Stund.	pro ccm b. Beginn	pro ccm n. 18 Std.
1. Spreewasser ohne Zusatz	6,85	5,76	5,59	21 300	129 400
2. Spreewasser, enthaltend 3 proc. anorg. Salzlösung	6,87	5,85	4,60	21 300	184 000
3. Spreewasser, enthaltend 3 proc. Asparaginlösung	6,86	4,49	1,22	21 300	601 800
4. Spreewasser, enth. 3 proc. milchsauere Ammonlös.	6,93	2,77	0,13	21 300	736 000

Es wurden also verbraucht pro Liter und Stunde Cubikcentimeter:

	in 18 Stunden	in den weiteren 24 Stunden
1. Spreewasser ohne Zusatz	0,060	0,007
2. » mit Salzlösung	0,057	0,052
3. » » Asparagin	0,131	0,136
4. » » milchsaur. Ammoniak	0,231	0,110.

Aus diesen Versuchen folgt, dass die Zugabe kleiner Mengen von Nährmaterial zum Wasser die Vermehrung der Bacterien und damit Hand in Hand gehend die Sauerstoffzehrung ungemein begünstigt. Zugabe der genannten anorganischen Salze hat kaum einen Einfluss, wohl aber die Zugabe organischer Verbindungen, durch welche die Sauerstoffzehrung bis um das Vierfache erhöht wurde.

Um die Einwirkung von stickstofffreien und stickstoffhaltigen Zusätzen zu erfahren, stellte ich den Versuch nochmals an und zwar mit **H a r n s t o f f**, **T r a u b e n z u c k e r** und **R o h r z u c k e r**.

Wie aus der Tabelle zu ersehen, steigerten die Zusätze den Sauerstoffverbrauch in allen Fällen, aber in ungleicher Weise. Am schwächsten wirkte die Zugabe von Harnstoff, am stärksten die Zugabe von Rohrzucker.

T a b e l l e XII.

	Sauerstoffgehalt im Anfang	Sauerstoff nach 24 Stund.	Sauerstoff nach 48 Stund.	Stündliche Zehrung in 24 Stunden	Stündlich. Zehrung in den weiteren 24 Std.	Bacterien pro ccm anfangs	Bacterien pro ccm n ch 24 Stunden	Bacterien pro ccm nach 48 Stunden
1. Spreewasser ohne Zusatz	6,53	5,16	4,74	0,057	0,018	18 400	127 800	75 400
2. Spreewass., enth. 0,015 % Harnstoff	6,60	4,61	4,05	0,083	0,023	18 400	505 600	—
3. Spreewasser, enthaltend 0,015 % Traubenzucker .	6,45	2,98	1,35	0,145	0,068	18 400	454 400	—
4. Spreewasser, enthaltend 0,015 % Rohrzucker . .	6,62	1,93	0,55	0,195	0,057	18 400	908 800	460 800

Die Steigerung der Sauerstoffzehrung beträgt bis zu dem $3\frac{1}{2}$fachen des ursprünglichen Werthes.

Zum Vergleich füge ich hier die Zahlen an, die ich erhielt, wenn ich die gleichen Nährlösungen mit Kaliumpermanganat in saurer Lösung oxydirte.

1. 1 l der Lösung der anorganischen Salze (enthaltend 0,5 % Chlornatrium und 0,2 % Kal. biphosphat) brauchte zur Oxydation 0,0729 g Sauerstoff oder 50,97 ccm.
2. 1 l 0,4 % Asparaginlösung = 0,137 g Sauerstoff oder 96,06 ccm.
3. 1 l 0,6 % Lösung von milchsaurem Ammoniak = 1,156 g Sauerstoff oder 808,1 ccm.
4. 1 l 0,015 % Traubenzuckerlösung = 0,866 g Sauerstoff oder 605,6 ccm.
5. 1 l 0,015 % Rohrzuckerlösung = 0,874 g Sauerstoff oder 611,3 ccm.[1])

Harnstoff wird von Kaliumpermanganat überhaupt nicht angegriffen. Dieses Bacteriennahrungsmittel würde also durch die Methode von K u b e l - T i e m a n n überhaupt nicht nachweisbar sein.

1) Bemerkt sei, dass die Zahlen sub 1—5 um ein Weniges zu hoch sein dürften, da das zur Verdünnung benutzte destillirte Wasser gemeinhin etwas »organische Substanz« enthält, welche in Abzug gebracht werden muss.

1 l Spreewasser verbraucht zur Oxydation durchschnittlich 0,0082 g Sauerstoff oder 5,7 ccm.

Im allgemeinen entspricht zwar die in meinen Versuchen gefundene höhere Sauerstoffzehrung auch einer höheren Oxydationsfähigkeit, aber die für die Salzlösung, die Harnstofflösung und das Spreewasser gegebenen Zahlen zeigen in ihren Differenzen doch die Unzulänglichkeit der Methode.

Dass die Höhe der Temperatur einen Einfluss auf die Sauerstoffzehrung hat, ist klar, und wurde schon durch die Sommer- und Winterzahlen für den Sauerstoffgehalt illustrirt. Das Optimum der Temperatur für die verschiedenen Bacterien wird auch dasjenige sein, bei welchem die schnellste Zehrung erfolgt.

So zeigte Spreewasser, bei 5 bis 6° gehalten, in verschlossenen Flaschen eine Abnahme von 6,64 auf 5,85 in 24 Stunden, auf 5,51 in 48 Stunden, d. h. eine stündliche Zehrung pro Liter von 0,033 resp. 0,014 ccm. Dagegen dasselbe Spreewasser, bei 17 bis 19° gehalten, eine Abnahme von 6,64 auf 4,71 und 3,92, d. i. eine stündliche Zehrung pro Liter von 0,080 resp. 0,033 ccm.

Häufig geht die Zehrung im Spreewasser bei Bruttemperatur schneller vor sich als bei Zimmerwärme. So gab mir einmal ein Spreewasser bei 5 bis 10° nur eine stündliche Zehrung von 0,006 ccm, bei 22° nur eine solche von 0,016 und erst bei 37° eine stündliche Zehrung pro Liter von 0,073.

Bei höheren Temperaturen (57° z. B.) hört wahrscheinlich die Zehrung auf. Directe Versuche habe ich zwar nicht angestellt, jedoch vermag die Mehrzahl der Wasserbacterien bei so hohen Temperaturen wohl kaum zu wachsen. Mehrere aus Spreewasser-Gelatineplatten gezüchtete Reinculturen starben mir bei dieser Temperatur ab[1]).

Die vielfach bei den angeführten Zahlen in die Erscheinung getretene Thatsache, dass die Sauerstoffzehrung nach einiger Zeit (z. B. am 2. Tage) viel geringer wird als zuvor und ebenso die Zahl der Bacterien nach anfänglicher starker Vermehrung wieder

---

1) Ich gebe hier wie im Folgenden über die mannigfachen Einflüsse, welche die O-Zehrung der Bacterien beeinflussen, nur wenige orientirende Daten. Eingehendere Untersuchungen nach dieser Richtung hin gedenke ich aufzunehmen.

sinkt, legte die Frage nahe, ob die verschiedenen Sauerstoffspannungen im Wasser nicht Schuld an diesem Verhalten wären.

Um dies zu entscheiden, stellte ich folgenden Versuch an. Frisch entnommenem Spreewasser wurde mittels Wasserstrahlluftpumpe ein Theil seines Sauerstoffes entzogen, so dass drei Proben mit verschiedenem Sauerstoffgehalt zur Verfügung standen. Sämmtliche Proben wurden dann, nach Feststellung ihres Bacteriengehaltes $24^1/_2$ Stunden lang in verschlossenen Flaschen im Wasserbade bei 22° gehalten und darauf Sauerstoffgehalt und Bacterienmenge abermals geprüft. Der mittlere Bacteriengehalt am Anfang des Versuchs betrug 1300 Keime pro Cubikcentimeter.

Tabelle XIII.

	Anfänglicher O-Gehalt	O-Gehalt nach $24^1/_2$ Stund.	Stündl. Zehrung pro Std. u. Liter	Bacteriengehalt nach $24^1/_2$ Std.
Probe I	6,80	5,56	0,030	44 400
Probe II	3,74	3,05	0,028	54 000
Probe III . . .	2,74	2,06	0,028	60 400

Ein irgendwie erheblicher Unterschied ist weder in der Zehrung, noch in der Bacterienzahl zu constatiren. Es scheint also die Grösse der Sauerstoffspannung innerhalb weiter Grenzen nicht von Einfluss zu sein auf die Intensität der Zehrung, und die oben erwähnten Erscheinungen bei länger dauernden Versuchen auf Gründen anderer Art zu beruhen (Absterben eines Theiles der Keime durch schädliche Stoffwechselproducte od. dgl.). —

Von grossem Interesse wäre es nun festzustellen, wie gross der Sauerstoffverbrauch der einzelnen Bacterienspecies ist. Zur Zeit kann ich hierüber nur wenige Angaben machen.

Ich habe mir theils aus dem Spreewasser einige Stämme herausgezüchtet, theils einige sonstige Saprophytenreinculturen verwendet.

Die Versuche führe ich so aus, dass ich als Nährsubstrat destillirtes Wasser benutze, von dem 2 bis 5% durch Fränkel'sche Nährlösung ersetzt wird. Diese Mischung wird in grossen Kolben, welche eine Glasröhrenmontur nach Art der Spritzflaschen tragen, sterilisirt, nach dem Erkalten auf eine Temperatur gebracht, welche die Versuchstemperatur um ein Weniges überschreitet, bei dieser Temperatur durch Schütteln mit Luft gesättigt und nun mittels Druckballon unter bacteriologischen Cautelen in die vorher trocken sterilisirten ca. 300 bis 400 ccm fassenden Versuchsflaschen vorsichtig und langsam übergepumpt, indem ich das nach abwärts gebogene Steigrohr des Vorrathskolbens bis auf den Boden der Versuchsflasche einsenke. Auf diese Weise gelingt es, die Flaschen mit einer Nährlösung zu füllen, welche einerseits steril ist und andererseits einen gleichmässigen Sauerstoffgehalt besitzt. Die erste Flasche wird sofort auf ihren Sauerstoffgehalt untersucht und der gefundene Werth auch für die übrigen angenommen. Darauf werden die übrigen Flaschen geimpft, die Bacterien durch Umschütteln mittels in den Flaschen vorhandener steriler Glasperlen gut vertheilt, und von der Mischung Plattenculturen angelegt zwecks Zählung.

Die Flaschen werden dann unter Vermeidung von Luftblasenbildung und fremder Infection geschlossen, die Glasstöpsel von aussen mit geschmolzenem Paraffin abgedichtet, und nun werden die Flaschen in ein Wasserbad von constanter Temperatur auf eine gewisse Anzahl von Stunden gebracht, sodann Sauerstoffgehalt und Bacterien quantitativ von neuem bestimmt.

Sehr viele Versuche gehen dabei verloren, einmal weil häufig bei der zweiten Untersuchung der Sauerstoffgehalt schon auf 0 angelangt ist, oder bei kürzerem Zuwarten vielfach wieder die Differenzen zu klein werden, andererseits die beim zweiten Mal ausgesäten Bacterien häufig, trotz starker Verdünnung der Impfproben mit sterilen Lösungen, zu massenhaft vorhanden sind, als dass sie gezählt werden könnten. So ist man auf das Ausprobiren angewiesen. Zweckmässig erscheint es mir übrigens, als Indicator für Sauerstoff-An- oder -Abwesenheit eine Spur Methylenblau zuzusetzen, welches bei Sauerstoffabwesenheit seine Farbe verliert.

Einige Angaben mögen hier folgen.

Ich benutzte folgende Culturen:[1])

1. Eine aus Spreewasser erhaltene: Kleine, sehr kurze, häufig zu zweien gelagerte Stäbchen mit abgerundeten Ecken, die Gelatine nicht verflüssigend, als weisse porcellanartige, mehrere Millimeter im Durchmesser haltende runde erhabene Colonien wachsend. 2. Coliähnliche Kurzstäbchen aus Spreewasser, auf Gelatine häutchenförmig wachsend. 3. Kleine bewegliche Stäbchen, Gelatine rasch verflüssigend, zur Gruppe des Fluorescens

1) Eingehendere Untersuchungen der betreffenden Bacterienarten wurden, als für meinen Zweck belanglos, nicht angestellt.

liq. gehörend, aus Kanalwasser[1]). Ferner 4. Fluorescens non liq. 5. Proteus vulgaris. 6. Bact. coli.

Die geimpften Flaschen wurden bei 26 bis 28° aufbewahrt.

Die Resultate waren bei einigen Versuchen mit 5% Fränkellösung enthaltendem Wasser:

1. Cultur I.

Einsaat 234 Keime pro Cubikcentimeter. Nach 24 Stunden 1843200 Keime.

Sauerstoffgehalt	anfangs	5,46
»	nach 24 Stunden	1,64
	Differenz	3,82.

Mittlere Bacterienzahl im Liter 921717000. 1 Million zehrte also in 24 Stunden 0,00414 ccm Sauerstoff, pro Stunde 0,00017.

2. Cultur II.

Einsaat 2000 Keime pro Cubikcentimeter. Nach 24 Stunden 2400.

Sauerstoffgehalt	anfangs	5,46
»	nach 24 Stunden	5,41
	Differenz	0,05.

Mittlerer Keimgehalt im Liter 2200000. 1 Million zehrte also in 24 Stunden 0,022 ccm Sauerstoff, pro Stunde 0,0009.

3. Cultur III (Fluoresc. liq.).

Einsaat 9600 Keime pro Cubikcentimeter. Nach 17 Stunden rund 100000

Sauerstoffgehalt	anfangs	5,12
»	nach 17 Stunden	0,00
	Differenz	5,12.

Schätzungsweise mittlere Bacterienzahl im Liter 80000000. 1 Million zehrte also in 17 Stunden 0,064 ccm Sauerstoff, pro Stunde 0,0038.

4. Fluoresc. non liq.

Einsaat 860 Keime pro Cubikcentimeter. Nach 17 Stunden 20000.

Sauerstoffgehalt	anfangs	5,12
»	nach 17 Stunden	2,55
	Differenz	2,57.

Mittlerer Keimgehalt im Liter 10430000. 1 Million zehrte also in 17 Stunden 0,24 ccm Sauerstoff, pro Stunde 0,014.

5. Proteus vulg.

Einsaat 800 Keime pro Cubikcentimeter. Nach 17 Stunden 17400.

Sauerstoffgehalt	anfangs	5,12
»	nach 17 Stunden	5,03
	Differenz	0,09.

Mittlerer Keimgehalt im Liter 9100000. 1 Million zehrte also in 17 Stunden 0,01 ccm Sauerstoff, pro Stunde 0,0006.

1) Derselbe bildete auf der Oberfläche stehenden Kanalwassers ein deutliches Häutchen.

6. Bact. coli.

Einsaat 64000 Keime pro Cubikcentimeter. Nach 17 Stunden 100000

Sauerstoffgehalt anfangs	5,12
» nach 17 Stunden	0,00
Differenz	5,12.

Mittlerer Keimgehalt im Liter 82000000. 1 Million zehrte also in 17 Stunden 0,062 ccm Sauerstoff, pro Stunde 0,0036.

Diese Art der Berechnung ist — wie ich wohl weiss — eine nur sehr annähernde. Die Vermehrung der Keime wird kaum ganz gleichmässig erfolgen, sondern, wie mir scheint, ziemlich plötzlich nach einer Art von Latenzstadium. Wenigstens trübt sich bei hochgradigem Wachsthum die Nährlösung in ziemlich kurzer Zeit, nachdem sie stundenlang klar geblieben war. Um sich aber ein ungefähres Bild zu machen, möge die Annahme eines gleichmässigen mittleren Keimgehalts erlaubt sein. Bei dieser Berechnung finden wir für die untersuchten Bacterien Differenzen in der stündlichen Sauerstoffzehrung zwischen 0,00017 und 0,0038. Die niedrigsten Zahlen finden sich bei Cultur 1 und 2 und bei Proteus, die höchsten bei Fluorescens liq. und coli.

Letztere Bestimmungen sind aber schon aus dem Grund nicht ganz einwandsfrei, weil der Sauerstoffgehalt bereits auf 0 gesunken war.

Ueberträgt man dieses Verfahren der Rechnung auch auf die oben mit Bacteriengemischen angestellten Versuche, so erhält man folgende Resultate:

1. 1 Million Keime verbrauchen stündlich in Spreewasser 0,00080 ccm Sauerstoff;
2. in Spreewasser mit 3 proc. anorganischer Salzlösung 0,00055 ccm;
3. in Spreewasser mit 3 proc. Asparaginlösung 0,00042 ccm;
4. in Spreewasser mit 3 proc. milchsaurer Ammoniaklösung 0,00062 ccm;
5. in Spreewasser ohne Zusatz (wie 1) 0,00078 ccm;
6. in Spreewasser mit 0,015 % Harnstoff 0,00032 ccm;
7. in Spreewasser mit 0,015 % Traubenzucker 0,00061 ccm;
8. in Spreewasser mit 0,015 % Rohrzucker 0,00042 ccm.

Nimmt man das Gewicht von 300000 Bacterien zu 0,00015 mg an (Rubner, Lehrb. d. Hyg. S. 316), so würden 1 g Bacterien stündlich 1,6 ccm Sauerstoff oder 0,00229 g Sauerstoff verbrauchen, wenn man die sub 1 gefundene Zahl als Basis benutzt.

Aus diesen Versuchen kann man den Schluss ziehen, dass einerseits die Grösse des stündlichen Sauerstoffbedarfes bei den Bacterien eine verschiedene ist. Das war von vornherein zu erwarten, denn es ist ja eine bekannte Thatsache, dass viele Keime nicht nur obligat aërobe sind, sondern auch ein ausgesprochenes Sauerstoffbedürfniss haben, so dass sie an der Oberfläche der flüssigen Nährmedien sich als Häutchen ansammeln. Besonders auffallend ist das bei meinem Fluorescens liq. der Fall, der auch nur seinen Farbstoff in der Nähe der Berührungsgrenze mit der Luft bildete. Aber auch andere, wie Bact. coli und die meisten Vibrionen etc., sind sehr lufthungrig. Neben der von dem Einzelindividuum hervorgerufenen stärkeren O-Zehrung darf man aber nicht die Wirkungen ausser Acht lassen, die durch besonders starkes Wachsthum und dadurch bedeutend vermehrte Individuenzahl hervorgerufen werden können. Das ist das Andere, was sich aus den oben angeführten Zahlen ersehen lässt. Beim Spreewasser z. B. ist, pro Individuum gerechnet, die O-Zehrung am grössten. Trotzdem war in absoluter Zahl in 24 Stunden der Sauerstoffverbrauch viel geringer als in dem Wasser, welchem ich Nährsubstanzen zugesetzt hatte (Asparagin, Ammoniumlactat, Zucker), weil in letzterem die Bacterien in der gleichen Zeit zu einer bedeutend grösseren Zahl herangewuchert waren.

Von anderen physikalischen Einflüssen, welche den Sauerstoffgehalt des Wassers beeinflussen können, ist in erster Linie noch das Licht zu nennen.

Das Licht wirkt in zweierlei Weise. Einmal begünstigend auf Algen und Diatomeen, und zweitens schädigend auf die Bacterien. Ueber den ersteren Einfluss hat sich Knauthe in eingehender Weise ausgesprochen. Nach ihm lässt sich sogar der Einfluss des Mondlichts an der Sauerstoffproduction der Algen erkennen. Die Beziehungen zwischen Licht und

Bacterien sind ebenfalls eingehend studirt (Buchner u. A.). Da Algen und Bacterien einander in ihren physiologischen Functionen entgegenstehen und das Licht beide in umgekehrter Weise beeinflusst, so werden sich ihre Wirkungen unter Umständen bis zu einem gewissen Grade aufheben können. Ich konnte wiederholt constatiren, dass von zwei Spreewasserproben gleicher Herkunft (die sicher Algen und Diatomeen enthielten) diejenige, welche 3 bis 4 Stunden lang in verschlossener Flasche dem Sonnenlicht ausgesetzt gewesen war, sich in Betreff der Sauerstoffzehrung nicht wesentlich anders verhielt als die Parallelprobe, die unter sonst gleichen Bedingungen im Dunkeln gestanden hatte. Für gewöhnlich dürfte aber anzunehmen sein, dass die belebende Kraft des Lichtes auf die Algen eine verhältnismässig grössere ist als die bactericide Wirkung, so dass in algenreichen Wässern der Sauerstoffgehalt im Lichte stets aufsteigen wird. Besonders hohe Grade der Anreicherung im Laboratoriumsexperiment habe ich oben erwähnt.

Von einem gewissen Einfluss ist auch der Barometerstand auf den O-Gehalt des Wassers. Bei den relativ geringen Schwankungen, die wir in praxi für gewöhnlich beobachten, mag indess der Einfluss belanglos sein. Im Experiment tritt er deutlicher hervor. So fand ich bei Leitungswasser, das anfänglich 6,49 ccm Sauerstoff im Liter enthielt, nach 26 Stunden bei 15^0 und einem mittleren Barometerstand von 750 mm einen Gehalt von 6,24 ccm. Das gleiche Wasser unter sonst gleichen Bedingungen, aber einem Barometerstande von 656 mm Hg aufbewahrt, zeigte nach 26 Stunden einen Sauerstoffgehalt von nur 5,71. Durch Anwendung der Wasserstrahlluftpumpe und gleichzeitigem Schütteln des Wassers kann man den O-Gehalt bis auf kleine Werthe herabdrücken (s. o. bei Sauerstoffspannung). Diese Sauerstoffabnahme bei Druckverminderung könnte man als Grund für das häufige Fischsterben infolge von Gewittern ansehen. Berg und Knauthe haben es indess durch ihre Arbeit[1]) wahrscheinlicher gemacht, dass hier elektrolytische Processe eine Rolle spielen.

1) Ueber den Einfluss der Elektricität auf den Sauerstoffgehalt unserer Gewässer. Naturwissenschaftl. Rundschau, 1898, Nr. 51 u. 52.

Nachdem die biologischen Vorgänge, welche zum Sauerstoffgehalt und zur Sauerstoffzehrung in Beziehung stehen, grösstentheils besprochen und auch einige physikalische Momente, welche den Sauerstoffgehalt beeinflussen, erwähnt sind, muss ich an dieser Stelle, ehe ich zu der Frage der chemischen Sauerstoffzehrung übergehe, noch des wichtigen physikalischen Vorganges gedenken, welchem für gewöhnlich das Wasser seinen Gasgehalt verdankt, nämlich der Diffusion.

Die im Wasser gelöste Luft enthält nach Winkler zwischen 0° und 25° einen procentischen Sauerstoffgehalt von 35,1 bis 33,7, also bedeutend mehr als die atmosphärische Luft. Der Absorptionscoëfficient des Sauerstoffs ist eben grösser als der des Stickstoffs. Im übrigen ist die Menge des Sauerstoffs, welche das Wasser aus der Luft aufnimmt, abhängig einmal von der Temperatur des Wassers und dann von dem Partialdruck des Luftsauerstoffs. Da der Sauerstoffgehalt der Luft ein fast constanter ist (20,84 bis 20,97 %), so ist auch der Partiardruck fast stets der gleiche. Mit wachsender Temperatur nehmen die Absorptionscoëfficienten ab. Dieselben betragen nach Winkler[1]):

bei 0°	0,04890	bei 50°	0,02090
» 10°	0,03802	» 60°	0,01946
» 15°	0,03415	» 70°	0,01833
» 20°	0,03103	» 80°	0,01761
» 25°	0,02844	» 90°	0,01723
» 30°	0,02616	» 100°	0,01700.
» 40°	0,02306		

Die Aufnahme von Sauerstoff ins Wasser kann nur auf zwei Wegen erfolgen, einmal rein physikalisch durch Diffusion aus der Luft und zweitens durch biologische Processe, die sich im Wasser abspielen, und die wir besprochen haben.

Die Geschwindigkeit, mit der die Diffusion erfolgt, ist durch die Arbeiten von Duncan und Hoppe-Seyler[2]) und Hüfner[3])

1) Berichte d. deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 24, 3603. Landolt und Börnstein. Tabellen, S. 90.

2) Ueber die Diffusion von Sauerstoff und Stickstoff in Wasser. Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. 17, S. 147; Bd. 19, S. 411.

3) Ueber die verschiedenen Geschwindigkeiten, mit denen sich die atmosphärischen Gase im Wasser verbreiten. Archiv f. Physiol., 1897, S. 112.

klargestellt. Es fand sich, dass die Quantitäten der einzelnen Gasarten, welche in gasfreies Wasser täglich von der Oberfläche aus abwärts wandern, im Verlaufe der Versuche stets abnehmen. Die Geschwindigkeit der Diffusion verlangsamt sich erheblich. Einmal steht diese Verlangsamung in Beziehung zu dem erreichten Grade der Sättigung. Der Spannungsunterschied der Gase an der Oberfläche gegen das Innere der Flüssigkeit nimmt ab. Von besonderer Bedeutung sind jedenfalls Temperaturunterschiede. Kühlt sich die oberste, mit Gas gesättigte Schicht an der Luft ab (Verdunstung oder Temperatureinflüsse), so sinkt sie abwärts, und es tritt eine Mischung des Wassers ein. Ebenso wie Stefan[1]) es für die Diffusion der Kohlensäure ausgesprochen hat, ebenso ist es nach Hoppe-Seyler mit den übrigen Gasen. Es ist nach ihm nicht anzunehmen, dass die Gastheilchen, entsprechend ihrem Partiardruck in der atmosphärischen Luft über der Oberfläche des Wassers in der ruhenden Wassermasse sich abwärts bewegen, vielmehr ist es wahrscheinlich, dass die in der Nähe der Oberfläche mit Gastheilchen beladenen Wasserschichten sich abwärts bewegen und sich mit den unteren Schichten mischen, ein Vorgang, der der allmählichen gleichmässigen Vertheilung in Wasser löslicher Stoffe, die in die Oberfläche des Wassers eintreten, entspricht (Ausgleich der specifischen Gewichte verschiedener Lösungen). Jedenfalls ist die Diffusion eine sehr langsame. In einer Tiefe von 45 bis 58 cm unter der Oberfläche des im Versuchsanfang gasfreien Wassers fanden sich nach Hoppe-Seyler nach zwei Wochen langem Stehen an der Luft nur 3,819 ccm Sauerstoff (für 1 l). Bei der gemessenen Temperatur und dem gemessenen Druck hätte das betreffende Wasser 6,91 ccm zu lösen vermocht. Es fehlten also bis zur Sättigung noch 3,09 ccm O.

In grösseren Wassertiefen nimmt der Sauerstoffgehalt in der Regel ab. Für das Meerwasser ist dieses vielfach nachgewiesen[2]), für das Süsswasser durch J. Walter[3]) im Genfer See und Hoppe-Seyler[4]) im Bodensee.

Um einen Begriff von der Langsamkeit der Diffusion zu geben, hat Hüfner berechnet, dass die Wassermasse des Bodensees, die man zu 47 609 Millionen Cubikmeter schätzt, im Maximum 362 400 Millionen Liter Sauerstoff enthalten könne. Um diese Sauerstoffmenge dem See lediglich durch Diffusion zuzuführen, wären bei einer angenommenen Tiefe von 250 m rund 1 160 000 Jahre nöthig. Hoppe-Seyler[4])[5]) berechnete, dass im Wasser,

1) Ber. d. Akad. d. Wissensch. Wien (Abth. 2), Bd. 77, S. 371, cit. nach Hoppe-Seyler.

2) u. A. Natterer, Bericht d. Commission für Erforsch des östlichen Mittelmeeres. Denkschriften d. Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften d. naturwissenschaftl. Klasse, 1892—1894, Bd. LIX, LX u. LXI, cit. nach Hüfner.

3) F. A. Forel, La faune profonde des lacs Suisses, p. 44, in Neue Denkschriften d. allgem. schweiz. Gesellschaft für d. gesammten Naturwissenschaften, Zürich, 1885, Bd. XXIX, cit. nach Hüfner.

4) Hoppe-Seyler, Ueber die Vertheilung absorbirter Gase im Wasser des Bodensees. Schriften d. Vereins f. Geschichte d. Bodensees, 1896, H. 24.

5) Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 19.

welches entsprechend der Tension in der Atmosphäre Stickstoff, aber keinen Sauerstoff enthält, von diesem letzteren Gase aus der Atmosphäre resp. aus der oberflächlichen Wasserschicht in tiefer ruhende Wasserschichten von gleichmässiger Temperatur in einem senkrechten Cylinder mit 1 qm Oberfläche nicht ganz $1^1/_2$ l in einem Jahre bis zur Tiefe von 6 m hinab diffundiren. Nach Hoppe-Seyler enthalten die tieferen Wasserschichten, wenigstens die, die sich 5 m und mehr unter der Oberfläche befinden, weniger Sauerstoff als die höher gelegenen. Dieses Deficit macht für alle tieferen Schichten (ausgenommen die den Boden berührende) ungefähr 0,68 ccm pro Liter Wasser aus, Hüfner berechnet es zu 1,15 ccm, d. h. zu etwa 13 %. Für den ganzen See berechnet sich dann das Deficit zu 44445 Millionen Litern.

Diese Zahlen geben eine Vorstellung von den gewaltigen biologischen Oxydationsprocessen, die sich im Wasser abspielen müssen, um dieses Deficit zu erzeugen. Ferner erscheint es nach diesen Versuchen und Berechnungen sehr unwahrscheinlich, dass die ruhige Diffusion (abgesehen von Strömung und Wellenschlag, welche die Absorption begünstigen) ausreicht, um das Sauerstoffdeficit andauernd zu decken. Allerdings ist eben die Strömung und Bewegung des Wassers ein die Sauerstoffaufnahme sicher ungemein begünstigendes Moment, welches nicht unterschätzt werden darf und grosse Vortheile für die Reinigung eines Flusslaufs bieten kann. Versetzt man durch einen Quirl Wasser in einem grösseren Glasgefäss in kreisende Bewegung mit Vermeidung von Wellen- und Schaumbildung, so nimmt durch diese einfach gleitende Bewegung der Sauerstoffgehalt zu, so z. B. in einem Versuch (Rührvorrichtung mit Wassermotorantrieb) in 1 Stunde von 5,99 auf 6,90 ccm pro Liter.

Diffusion aus der Luft und Sauerstoffproduction im Wasser wirken somit zusammen. Beim Rhein wird infolge der starken Strömung und des nur geringen Algengehaltes erstere weit überwiegen, bei der Spree ist es wahrscheinlich, wenigstens in den warmen Sommermonaten, umgekehrt.

Alle Untersuchungen, auch die früheren, zeigen den hohen Bacteriengehalt der Spree (s. Tabellen).

Zu einer völligen Anaërobiose kommt es dennoch in der Spree, trotz ihres langsamen Laufes, nicht. Ueberall findet eine mehr oder minder ausgeprägte Sauerstoffzehrung statt.

Somit überwiegt in erster Linie das, was man, im Gegensatz zu den Fäulnissprocessen, als Verwesungsprocess zu bezeichnen hat. Diese Verwesungsprocesse betreiben also neben anderen Vorzügen die Auflösung des organischen Materials. Die reichliche Anwesenheit von Bacterien wäre demnach keineswegs etwas Ungünstiges, sondern eher die Schnelligkeit der Reinigung Beförderndes. Die Anaëroben selbst haben im Wasser wohl selten eine Bedeutung. Die Sedimentirung ist geeignet, zwischen den Anaëroben und Aëroben zu scheiden. Die letzteren finden ihren Wuchsplatz im Wasser, die ersteren im Boden und Flussschlamm. Neben den typischen Aëroben finden die zahlreichen facultativ Aëroben reichlich Gelegenheit zur Entwickelung, zumal die Sauerstofftension selbst innerhalb weiter Breite ihrer Schwankung keinen ungünstigen Einfluss zu üben scheint.[1]) Der Sauerstoffgehalt des Wassers begünstigt die Oxydationsgärung und die Nitratbildung.

Neben O-Zehrung findet sich natürlich auch eine Kohlensäure-Ausathmung. Diese zeigt sich sehr wohl daran, dass der von den chlorophyllführenden Pflanzen ausgehauchte Sauerstoff nie ganz frei von Kohlensäure zu sein pflegt, ausserdem in der Begünstigung, welche das Wachsthum der Algen erfährt, wenn man etwas Oel auf das Wasser bringt. Auch habe ich direct die Zunahme der Kohlensäure nachgewiesen[2]), aber es ist einleuchtend, dass zur Bestimmung eines respiratorischen Quotienten für die Wasserathmung die Verhältnisse doch zu ungünstig liegen (s. auch Reichardt bei König[3]).

Die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung im Flusswasser ist ein complicirter Process. Denn es betheiligen sich an den Athmungsvorgängen nicht nur die Bacterien und auch letztere, wie wir oben gesehen haben, augenscheinlich nicht alle in gleicher Weise. Wenn wir auch annehmen dürfen, wenigstens in einem Fluss wie die Spree, dass sie den grössten Theil der Oxydationsarbeit vollbringen, so

1) Siehe oben.
2) Siehe oben I. Theil.
3) Bd. I, S. 241.

müssen wir uns doch auch der anderen Lebewesen des Wassers erinnern, welche sich an der Sauerstoffzehrung betheiligen. Ihre Zahl ist, wie oben bei Besprechung der Planktonbefunde erwähnt, den pflanzlichen Bestandtheilen gegenüber gering. Nur Daphniden und Copepoden kommen zu gewissen Jahreszeiten (Herbst) häufiger vor. Die übrigen niederen Wasserthiere spielen meines Erachtens eine nur sehr beschränkte Rolle. Formen wie Paramaecium, Chilodon, Amöben, Vorticellen, Anguillula etc. sind in bemerkenswerther Weise eigentlich nur an besonders verschmutzten oder verschlammten Stellen zu finden (Grenzgraben, Wuhlemündung, Landwehrkanal), sonst sind sie in ihrem Auftreten ziemlich sporadisch.

Der Fischreichthum der Spree ist ein geringer, so dass auch diese Quelle der Sauerstoffzehrung nicht erheblich ins Gewicht fallen kann.

Dass bei einem Plankton, das reichlich Thiere enthält, der O-Gehalt des Wassers schnell abnehmen kann und muss, ist bekannt und festgestellt. So constatirte Knudsen, der Physiker der Ingolf-Expedition, dass Meerwasser, welches er mit einigen lebenden Copepoden versetzte, innerhalb von drei Stunden 3,88 ccm Sauerstoff verlor gegenüber einer anderen nicht versetzten Probe. Zugleich nahm das Wasser um 3,32 ccm an Kohlensäure zu, was einem respiratorischen Quotienten von 0,85 entspricht.[1]) Derselbe studirte auch die Sauerstoffproduction der Diatomeen im Lichte und bestätigte den grossen Einfluss der Beleuchtung auf die Production.

Es erübrigt jetzt noch, die gefundenen Resultate kurz zu überblicken.

Da, wie wir gesehen haben, die Sauerstoffzehrung in keiner der untersuchten Wasserproben fehlte und nur in verschiedener Schnelligkeit und Intensität sich zeigte, so dürfen wir dieselbe als eine constante Erscheinung im Flusswasser betrachten. Sie fehlt, wie das Experiment zeigt, bei der Abwesenheit von

1) M. Knudsen, Ueber das Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Sauerstoff- und dem Kohlensäuregehalte des Meerwassers und dem Plankton des Meeres. Annalen der Hydrographie, 1896, Bd. 24, S. 463.

Bacterien, sie fehlt oder ist wenigstens minimal im destillirten Wasser, während sie umgekehrt durch Zugabe organischen Nährmaterials stark erhöht wird. Sie ist ferner in hervorragendem Maasse abhängig von der Temperatur, in geringerem Grade von der Belichtung und dem Barometerdruck. Sie verdankt ihre Entstehung unzweifelhaft zum grössten Theil der Lebensthätigkeit der Mikroorganismen, zum geringeren Theil der Lebensthätigkeit der im Wasser sonst lebenden niederen und höheren Thiere. Zwischen dem Gehalt an »organischer Substanz« und Bacterienzahl bestehen Beziehungen der Art, dass eine Erhöhung der ersteren ein Anwachsen der letzteren zur Folge hat. Da die Bacterien sich überall im freien Wasser finden und daher unter besseren Lebensbedingungen auch immer üppiger gedeihen können, so ist die Grösse der Sauerstoffzehrung ein Maassstab für die Menge der vorhandenen oxydirbaren Substanzen. Sie ist ein besserer Maassstab dafür als die Kaliumpermanganat-Methode, da die letztere, wie mehrfach erwähnt, organische Stoffe unter Umständen in ganz anderer Weise angreift, als es die Bacterien thun.

Man hat mit Recht immer betont, dass die bacteriologische quantitative Untersuchung das zur Zeit feinste Reagens ist, wo es sich darum handelt, die Verunreinigung und Selbstreinigung eines Flusses festzustellen. Man hat aber auch wohl nie — wenigstens in neuerer Zeit — die Mängel bestritten, welche dieser Methode anhaften. Nicht der kleinste dieser Mängel liegt darin, dass man eine unendlich kleine Wasserquantität benutzt, um von ihr auf die Zusammensetzung einer im Vergleich dazu unermesslich grossen Wassermenge zu schliessen, ein anderer Nachtheil liegt in der Ungleichwerthigkeit der einzelnen Formen. Wir haben oben — an zunächst allerdings nur spärlichen Beispielen — gesehen, dass das Sauerstoffbedürfnis, d. h. die Oxydationskraft der einzelnen Bacterienspecies kein gleichmässiges ist. Es hätte der angeführten Versuche gar nicht bedurft, um dies zu zeigen, wenn wir nicht gern wenigstens eine annähernd oder vergleichsweise richtige Vorstellung von der Grösse dieser Oxydationsprocesse hätten gewinnen wollen. Denn dass die verschiedenen

Bacterienarten sich dem Luftsauerstoff gegenüber sehr verschieden verhalten, ist eine bacteriologische Thatsache, welche man nicht erst zu beweisen braucht. Diese Ungleichwerthigkeit der Formen kann bei der bacteriologischen Plattenmethode nicht berücksichtigt werden, wenigstens nicht, so lange man die wirksameren von den unwirksamen Species nicht leicht zu unterscheiden vermag.

Es kommt hinzu die Mühseligkeit der quantitativ bacteriologischen Untersuchung, der wechselnde Einfluss der Nährböden u. a. m., kurzum die Methode erscheint nicht so ideal, dass sie nicht durch eine andere gestützt werden könnte.

Als eine solche Hilfsmethode möchte ich die Feststellung der Sauerstoffzehrung in einer bestimmten Zeit bezeichnen. Sie erscheint mir als eine Combination der quantitativ-bacteriologischen mit der chemischen Methode der Bestimmung der organischen Substanzen. Als ihre Vortheile sehe ich vornehmlich folgende an:

1. Benutzung einer grösseren Wassermenge zur Probe.[1])
2. Feststellung der Wirkung der Mikroorganismen an Stelle ihrer Zahl unter natürlichen gegebenen Verhältnissen (Ausschluss künstlicher Nährböden).
3. Leichte Ausführbarkeit der Methode an Ort und Stelle sowohl als auch nach geraumer Zeit im Laboratorium.

Schwierigkeiten bieten sich nur dann, wenn man verschiedene Untersuchungen unter einander vergleichbar machen will, da die Temperatur, bei welcher die Proben aufbewahrt werden, ihren Einfluss auf die Schnelligkeit der Sauerstoffzehrung ausübt. Die sog. Zimmertemperatur (16 bis 20°) erscheint zwar constant genug für die meisten Untersuchungen. Für genaue vergleichende Untersuchungen wäre aber doch vielleicht die Einhaltung bestimmter Temperaturgrade (z. B. 28°) wünschenswerth. Der Einwand, den man machen könnte, dass bei verschiedenen Temperaturen die einzelnen Bacterienarten vielleicht ganz verschieden stark oxydirend wirken, ist berechtigt. Es trifft in

1) Es steht nichts im Wege, auch grössere Quanten zur Untersuchung anzuwenden als Winkler sie in seiner Methode angibt.

Beziehung auf das Wachsthum aber genau ebenso für das bacteriologische Plattenverfahren zu.

In praxi wird es sich meist darum handeln, bei einer Versuchsreihe vergleichbare Werthe zu finden, d. h. es wird nur darauf ankommen, sämmtliche entnommenen Proben unter gleichen Bedingungen zu halten.

Für viele Zwecke dürfte man auch mit je einer Probe für jede Untersuchungsstelle auskommen. Die ersten Untersuchungen des Spreewassers auf seinen Sauerstoffgehalt, welche ich machte (s. o.), waren in der Weise angestellt.

Lässt man die entnommenen Proben unter Luftabschluss etwa zwei Mal 24 Stunden unter gleichen Bedingungen stehen, so werden sich nach dieser Zeit bei einem Flusse, der stellenweise Verschmutzungen unterliegt, grössere charakteristische Differenzen im Sauerstoffgehalt zeigen (Spree). Zeigen sie sich nicht, oder doch nur in geringem Maasse (Rhein), so wird man daraus den Schluss ziehen dürfen, dass Verunreinigungen localer Natur nicht vorhanden sind, oder ihre Quantität zu der Menge des strömenden Wassers so gering ist, dass durch die starke Verdünnung die Unterschiede verwischt werden[1]).

Pettenkofer hat bekanntlich den Satz aufgestellt auf Grund seiner umfassenden Erfahrungen, dass gewöhnliches Sielwasser keinen Fluss auf längerer Strecke verunreinigen kann, der bei niedrigstem Wasserstande mindestens die 15fache Wassermenge des Siels führt und keine geringere Geschwindigkeit als das Wasser in den Sielen hat.

Um zu constatiren, wie sich der Sauerstoffgehalt bei verschiedenen Verdünnungen von Kanalwasser beim Stehen an der Luft verhält, stellte ich folgenden Versuch an:

Es wurden in grossen offenen Stutzen folgende Verdünnungen ein und desselben Kanalwassers aufgestellt:

1 : 15, 1 : 30, 1 : 100, 1 : 200,

---

1) Die Verdünnung der Kölner Schmutzwässer durch Rheinwasser ist eine etwa 2000 fache.

und diese Verdünnungen unmittelbar nach der Mischung und 24 Stunden später nach offenem Stehen an der Luft auf ihren Sauerstoffgehalt untersucht.

Dabei fanden sich folgende Zahlen:

	Anfangs	Nach 24 Stunden
1 : 15	6,01	0,14
1 : 30	6,82	1,64
1 : 100	6,74	3,95
1 : 200	6,69	5,78.

Ein stagnirendes Kanalwassergemisch (1 : 15) ohne Pflanzenvegetation würde demnach nahezu in 24 Stunden auf ein minimales O-Gehalt angelangt sein. Pflanzenwuchs und Bewegung würden hier unter natürlichen Verhältnissen jedoch bessernd wirken. Bei Verdünnung von 1 : 30 erscheint der Sauerstoffgehalt noch zu gering, um die Oxydationsspaltung genügend aufrecht zu erhalten. Eine 200fache Verdünnung bietet selbst bei ruhiger Stagnation dagegen schon recht günstige Chancen und dürfte, wollte man die Sauerstoffzehrung als Maassstab nehmen, bei einem Fluss mit selbst mässiger Geschwindigkeit wohl als ganz unbedenklich anzusehen sein.

Der nahe Zusammenhang zwischen Bacterienthätigkeit resp. Wachsthum und der oxydativen Zerstörung der im Wasser gelösten organischen Stoffe erscheint mir nach allen darüber vorliegenden Versuchen zweifellos und die entgegengesetzte Ansicht[1]), dass die Selbstreinigung eines Flusses durch die Thätigkeit der Mikroorganismen nicht beeinflusst wird, nicht mehr haltbar. Die schnelle Abnahme der Bacterien in einem verunreinigten Flusslaufe erscheint, sofern man einen Vergleich mit dem Laboratoriumsexperiment ziehen darf, nicht so verwunderlich. Die Versuche, die ich bis jetzt in dieser Richtung angestellt habe und fortzuführen gedenke, zeigen meist bei Zugabe organischer Nahrungsstoffe nur in der ersten Zeit (1. Tag) eine rapide Zunahme der Bacterienmenge und Hand in Hand gehend starke Sauerstoff-

1) Goldschmidt, Luxemburger, Neumayer, Prausnitz. Hyg. Rundschau, 1898, Nr. 4.

zehrung, dann sinkt die Zahl der Bacterien ab, was auch schon durch die geringer werdende stündliche Zehrung sich manifestirt. Da im Experiment die Sedimentation der Bacterien auszuschliessen ist, so bleibt nur die Annahme übrig, dass ein Theil der Keime sehr schnell wieder abstirbt, oder wenigstens, weil abgeschwächt, auf der Gelatineplatte innerhalb der üblichen Beobachtungszeit nicht mehr zum Auskeimen kommt.

Bei dem complicirten Selbstreinigungsprocess der Flüsse spielen ja anerkannter Maassen verschiedene Faktoren mit. Nach allem, was man darüber bisher weiss, spielt Verdünnung und Sedimentation, Einfluss der höheren Wasserfadenpilze, Pflanzenwachsthum und Oxydation bei der Selbstreinigung eine Rolle. Aber ebenso wie die Bedeutung der letzteren hervorgehoben zu werden pflegt, ebenso wird von den meisten Autoren constatirt, dass, abgesehen von der Oxydation des Schwefelwasserstoffs und der Eisenverbindungen, eine direct chemische Oxydation organischer Stoffe nicht nachweisbar ist. Da Oxydation aber thatsächlich besteht, so muss dieselbe vermittelst der niederen Organismen zu Stande kommen.

Ist dem aber so, dann muss die Anschauung eine schwer verständliche sein, wenn man bei der Selbstreinigung eines Flusses stets die Entfernung der Bacterien im Auge hat und die günstige Wirkung gewisser Einflüsse (Sonnenlicht etc.) in der Tödtung der Bacterien sucht. Damit würde doch nur der natürliche biologische Gang der Selbstreinigung unterbrochen. Was wir bei einem Flusse haben wollen, ist schliesslich in erster Linie nicht ein keimarmes oder steriles Wasser, sondern ein Wasser, welches sich durch die Sinne und anderweitig nicht mehr von einem reinen guten Wasser unterscheiden lässt, ein Wasser, dessen organische Verunreinigungen vergast und mineralisirt worden sind. Die Keimarmuth ist die Consequenz des allmählich auftretenden Nahrungsmittelmangels und stellt sich infolge dessen von selbst ein.

Wir müssten daher, statt nach äusseren Einflüssen zu suchen, welche die Bacterien vernichten, vielmehr unter Umständen darauf bedacht sein, sie in ihrem Lebensprocesse zu unterstützen. Dieser Unterstützung bedürfen sie für gewöhnlich

nicht, d. h. dann nicht, wenn der Fluss mit todtem organischem Material nicht überschwemmt wird. Von einer Ueberschwemmung wird man so lange nicht reden können, so lange im Verhältniss zur Menge der eingeschwemmten organischen Materie sich genügend Sauerstoff im Wasser für die Bacterien zur Oxydation findet. So lange noch genügend Sauerstoff vorhanden ist, kommt es nicht zur stinkenden Fäulnis und zur überreichen Schlammablagerung. Die Natur hilft sich zwar vielfach selbst durch das Auftreten der Pflanzenvegetation im Fluss. Wir sahen aber oben, dass, wenn schon diesen Pflanzen ein Einfluss auf die Selbstreinigung nicht abzuerkennen ist, die ideale Form der Selbstreinigung, d. h. die Mineralisirung durch sie nicht erreicht zu werden scheint. Vermuthlich aber wird der von ihnen producirte Sauerstoff, wenigstens zum Theil, den Bacterien und dadurch dem Selbstreinigungsprocess zu Statten kommen.

Die Selbstreinigung der Flüsse lässt sich in Beziehung bringen zu den sog. biologischen Verfahren der Abwässerreinigung und erscheint nur in quantitativer Hinsicht von ihnen verschieden. Die eingehenden Arbeiten, welche Dunbar[1]) u. A. über das Oxydationsverfahren zur Klärung der Abwässer veröffentlicht haben, zeigen die starke oxydirende Kraft des Luftsauerstoffs unter Beihilfe der Mikroorganismen neben physikalisch wirkenden Faktoren und weisen wieder auf den Weg der Lüftung des Wassers hin. Die Lüftung eines Flusslaufs durch Wehre und Wasserfälle wird zwar nicht ganz den Erfolg haben wie der Oxydationskörper beim Abwasserreinigungsverfahren, indess wird eine Anreicherung des Wassers mit Sauerstoff sicher erzielt.

Das Flusswasser ist im Sommer infolge seiner höheren Temperatur sauerstoffärmer als im Winter. Es fehlten indess in keiner Jahreszeit die Bacterien, wennschon, wie auch für die Spree nachgewiesen ist, die Keimzahl im Winter stark abnimmt. Die Gefahr der Sauerstoffverarmung des Wassers liegt jedoch nur im Sommer vor und bekanntlich kommt es daher auch nur zu diesen Zeiten zu übelriechenden Zersetzungen. In

1) Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXXI, Heft 1 u. 4. Vierteljahrschr. f. gerichtl. Medicin. Jahrg. 1900, Supplement S. 178 u. 216.

Betreff der Laboratoriumsexperimente über die Einwirkung von Sauerstoffzutritt und Abschluss zu verdünnten Kanalwässern verweise ich auf das oben (I. Theil) Gesagte und die Tabelle, welche die Abnahme der Oxydirbarkeit bei Sauerstoffzutritt und die Nitrification im Gegensatz zu den abgeschlossenen Proben zeigt. MerkwürdigerWeise bestehen gegentheilige Angaben, welche eine stärkere Oxydirbarkeit bei Sauerstoffabschluss als bei Sauerstoffzutritt behaupten.[1]) Die Originalarbeit war leider nicht zu erhalten.

Wenn es nun auch als zweifellos erscheint, dass die Aufzehrung des Sauerstoffs im Wasser hauptsächlich durch die Lebensthätigkeit der Bacterien erzeugt wird, so könnten doch nebenher auch rein chemische Processe in Frage kommen.

Als solche sind hauptsächlich zwei zu nennen: Die Oxydation der Eisenoxydulsalze zu Eisenoxydhydrat und die Oxydation von in Wasser gelöstem Schwefelwasserstoff zu Wasser und freien Schwefel.

Das Eisen findet sich im Wasser bekanntlich vorwiegend als doppelt kohlensaures Eisenoxydul. Dasselbe geht mit dem im Wasser gelösten Sauerstoff ziemlich schnell in Ferrihydroxyd über.

Im Oberflächenwasser findet sich demnach Eisen nur in Spuren oder sehr geringen Mengen. Durch reichliches Zuströmen von Grundwasser können jedoch sicher grössere Eisenquantitäten in den Flusslauf gelangen. Dieses Zuströmen findet entweder auf natürlichem Wege statt oder auf künstlichem Wege. Speciell an der Oberspree benutzen zahlreiche Fabriken Brunnenwasser zu ihren Betrieben (Kühlwasser etc.), welches nach der Benutzung dem Flusse übergeben wird. Dass diese Zumischung von sauerstoffarmem resp. sauerstofffreiem eisenhaltigen Wasser den Sauerstoffgehalt des Flusswassers alteriren kann, ist wohl zweifellos. Unwahrscheinlich ist es jedoch, dass dieser Einfluss ein sehr grosser ist.

1) v. d. Feen, Over de oxydeerbare stoffen in water. Proefschrift. Leiden 1895. Referirt im Centralbl. f. Bact., 1895, I. Abth., S. 448.

Auch rechnerisch lässt sich das zeigen.

Nach Proskauer[1]) schwankt der Eisengehalt der Tiefbrunnen Berlins und Umgebung zwischen 0,9 und 8,2 mg FeO im Liter. Dasselbe wird bis auf etwa 0,35 mg pro Liter durch Oxydation ausgeschieden. Um die 4,2 mg (Mittel der obigen Werthe mit Abzug von 0,35) FeO entsprechende Menge von kohlensaurem Eisenoxydul aus Wasser auszufällen und zu Eisenoxydhydrat zu oxydiren, wären nach der Berechnung nöthig pro Liter an Sauerstoff 0,63 ccm. Bei höheren Werthen wird die Zahl sich bis auf etwa 1 ccm erhöhen können.

In der Spree fand ich den Eisengehalt wie folgt.

1 l Wasser enthält Milligramm Fe:

Müggelsee	0,17
Kuhnheim's Fabrik	0,24
Wuhlemündung	0,28
Treptow	0,14
Mühlendamm	0,12
Bahnhof Bellevue	0,20
Lessingbrücke	0,20
Eiswerder	Spuren

Dass Schwefelwasserstoff sich schnell im Wasser oxydirt, ist bekannt genug. In zwei grosse Standcylinder füllte ich Leitungswasser und hing in beide je einen Dialysatorschlauch. Der eine Schlauch enthielt Leitungswasser ohne Zusatz, der zweite mit Schwefelwasserstoff gesättigtes. Der Sauerstoffgehalt im einen Cylinder betrug am Anfang 6,52, im anderen Cylinder 6,53 ccm. Nach 14 Stunden war in letzterem Sauerstoff nur in Spuren nachzuweisen, im ersten Cylinder der Gehalt dagegen nur auf 6,33 ccm gesunken.

1) Beschaffenheit von eisenhaltigen Tiefbrunnenwässern. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 9, S. 148.

Es wäre schliesslich noch die Frage zu erörtern, ob im Flussboden resp. Flussschlamm reducirende organische Stoffe vorkommen, welche den Sauerstoffgehalt des Wassers auch ohne Bacterienthätigkeit herabsetzen können.

Zu diesem Zwecke machte ich folgende Versuche.

Dünnflüssiger Flussschlamm wurde in einer Kohlensäureatmosphäre durch Thonfilter filtrirt und kleine Portionen des Filtrates zu Wasser von bekanntem Sauerstoffgehalt gefügt. Nach 20 bis 30 Minuten wurde der Sauerstoffgehalt der Mischung bestimmt.

So enthielt Wasser anfänglich 6,91 ccm Sauerstoff im Liter. Nach Zusatz von 10 ccm Schlammfiltrat und 20 Minuten langer Einwirkung 6,89 ccm, ein andermal anfänglich 6,86 ccm, nach Zugabe von 10 ccm Schlammfiltrat und 20 Minuten langem Warten 6,88 ccm.

Des Weiteren wurden zwei grosse Standcylinder von ca. 15 l Inhalt mit Leitungswasser gefüllt. Beide Cylinder wurden mit Paraffinum liq. abgeschlossen, in Cylinder Nr. 2 vorher aber ein Dialysatorschlauch eingehängt, welcher mit Flussschlamm gefüllt war. Der Sauerstoffgehalt des Wassers betrug:

	in Cylinder 1	Cylinder 2
anfänglich . .	5,47	5,94
nach 24 Stunden	5,46	2,71.

Die Wassertemperatur betrug 10°.

Derselbe Versuch wurde darauf wiederholt, nur wurde der mit Flussschlamm gefüllte Dialysatorschlauch vor dem Einhängen zwei Stunden lang im Dampf sterilisirt. Der Sauerstoffgehalt von Cylinder 1 änderte sich wieder nicht. In Cylinder 2 (mit eingehängtem Schlauch) fiel der Sauerstoffgehalt in 24 bzw. 72 Stunden von 5,22 auf 3,97 und 2,15.

Diese Versuche scheinen mir für folgendes zu sprechen. Direct reducirend wirkende organische Stoffe waren im Flussschlamm und Flussboden nicht vorhanden (Thonfilterversuche). Bei den Dialysenversuchen diffundirten lösliche organische Stoffe in das Wasser des Cylinders und fielen nunmehr einer mehr oder minder schnellen Oxydation durch die in dem Wasser befindlichen Bacterien anheim. Dass Bacterien durch die Schlauchwand selbst hindurchgewandert sind, ist nicht wahrscheinlich, wenigstens konnte ich nach Eingiessen einer Prodigiosuscultur in einen mit Wasser gefüllten Dialysatorschlauch und Einhängen desselben in den mit Wasser

gefüllten Standcylinder ein Durchwandern von Prodigiosus durch die Schlauchwand selbst nach 5 Tagen nicht beobachten.

Dass die Sauerstoffabnahme in 24 Stunden bei dem mit nicht sterilisirtem Schlauch versehenen Cylinder schneller erfolgte als nach Sterilisirung des Schlauchinhalts, ist vielleicht auf den Grund zurückzuführen, dass im ersten Falle noch eine erhebliche Gasdiffusion zwischen Schlauchinhalt und umgebendem Wasser hinzugekommen sein dürfte, während durch das Sterilisiren die Kohlensäureproduction im Innern des Schlauches zum Stillstand gekommen, die Gase ausgetrieben und mithin Gasdiffusionsvorgänge nicht mehr möglich waren.

Dass solche Diffusionsprocesse eine Rolle spielen, lässt sich zeigen, wenn man in jeden mit Wasser gefüllten Standcylinder einen Dialysatorschlauch hängt, den einen mit gewöhnlichem Wasser füllt (Cylinder I), den anderen mit Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist (Cylinder II). Ich fand dabei folgende Zahlen:

	Cylinder I	Cylinder II
Sauerstoffgehalt bei Beginn . .	6,65	6,57
nach 20 Stunden	6,21	5,74.

Wenn, nach den angeführten Versuchen, die Sauerstoffzehrung im Wasser auch verschiedenen Faktoren ihre Entstehung verdanken kann, nämlich der Oxydation der organischen Substanzen durch die Bacterien und rein chemischen Umsetzungen, so spielen doch letztere sicher nur eine untergeordnete Rolle.

Aus Flussschlamm (100 g) vom Mühlendamm erhielt ich nur 2,45 mg Schwefelwasserstoff. An anderen Stellen mag die Schwefelwasserstoffbildung eine grössere sein. Einen erheblichen Verbrauch des in Wasser gelösten Sauerstoffs ist aber nicht durch sie zu erwarten.

III. Theil. Verhältnisse des Flussbodens.

Als Anhang zu den Besprechungen der pflanzlichen Vegetation und der oxydativen Vorgänge des Wassers füge ich hier eine kurze Erörterung über die Bodenverhältnisse der Flüsse, im Speciellen der Spree an.

Es ist klar, dass die Reinheit eines Wassers nicht ohne Weiteres die Reinheit des Flussbodens zur Folge hat. Das Umgekehrte ist allerdings schon eher richtig, soweit es sich nicht um schnell vorübergehende Verschmutzung des Wassers handelt. Eine dauernde Verschmutzung des Wasserlaufes wird nicht in allen, aber in vielen Fällen auch dem Flussboden einen besonderen Stempel aufdrücken.

Wir hatten schon oben gesehen, dass man ungezwungen zwei Sedimentirungsgebiete von einander trennen kann, einmal das der gröberen Verunreinigungen und ferner das der Bacterien nach Zerstörung des organischen Materials. Eine ungefähre Berechnung ergab, dass das erstere Gebiet sich nicht sehr weit stromab von der Stelle der verunreinigenden Zuflüsse erstrecken kann. Da aber bei einem Fluss die verunreinigenden Momente nicht einmal, sondern viele Male sich an verschiedenen Stellen des Stromlaufs geltend machen oder gemacht haben, so schliesst sich ein solches Sedimentirungsgebiet an das andere, so dass schliesslich die vorher suspendirten Schmutztheilchen in ununterbrochener Reihe durch das Gebiet der Stadt hindurch den Flussboden bedecken können.

Es wäre jedoch eine irrige Vorstellung, wollte man annehmen, dass die abgelagerten Theilchen ruhig an Ort und Stelle ihrer Zersetzung harrten. Durch die Geschwindigkeit des Stromes, welche ja allerdings an der Flusssohle bedeutend langsamer zu sein pflegt als an der Oberfläche, gerathen die Theilchen in gleitende und wälzende Bewegungen. Es kommt dabei natürlich auf manche Nebenumstände an. Abgesehen von den verschiedenen Stromgeschwindigkeiten der Flüsse, ist auch der ursprüngliche Untergrund von grosser Bedeutung. Ein ebener glatter Boden wird der Fort-

bewegung weniger Widerstand leisten als ein unebener rauher Untergrund. In dem oben angeführten Laboratoriumsexperiment liess sich die gleitende und rollende Bewegung recht gut verfolgen. Bei mässiger Geschwindigkeit bleiben die der Glasröhre aufliegenden Theilchen bewegungslos, während die oberflächlichste Schicht, wenigstens die feineren Theilchen derselben, über die liegen bleibenden hinwegrollen (Geschwindigkeit 2). Schliesslich kann man eine Geschwindigkeit erzeugen (Geschwindigkeit 3), bei welcher die ganze abgelagerte Masse langsam und allmählich fortgeschwemmt wird. Dieselbe betrug für Planktontheilchen und organische Flöckchen das 4 bis 5 fache der Ersteren.

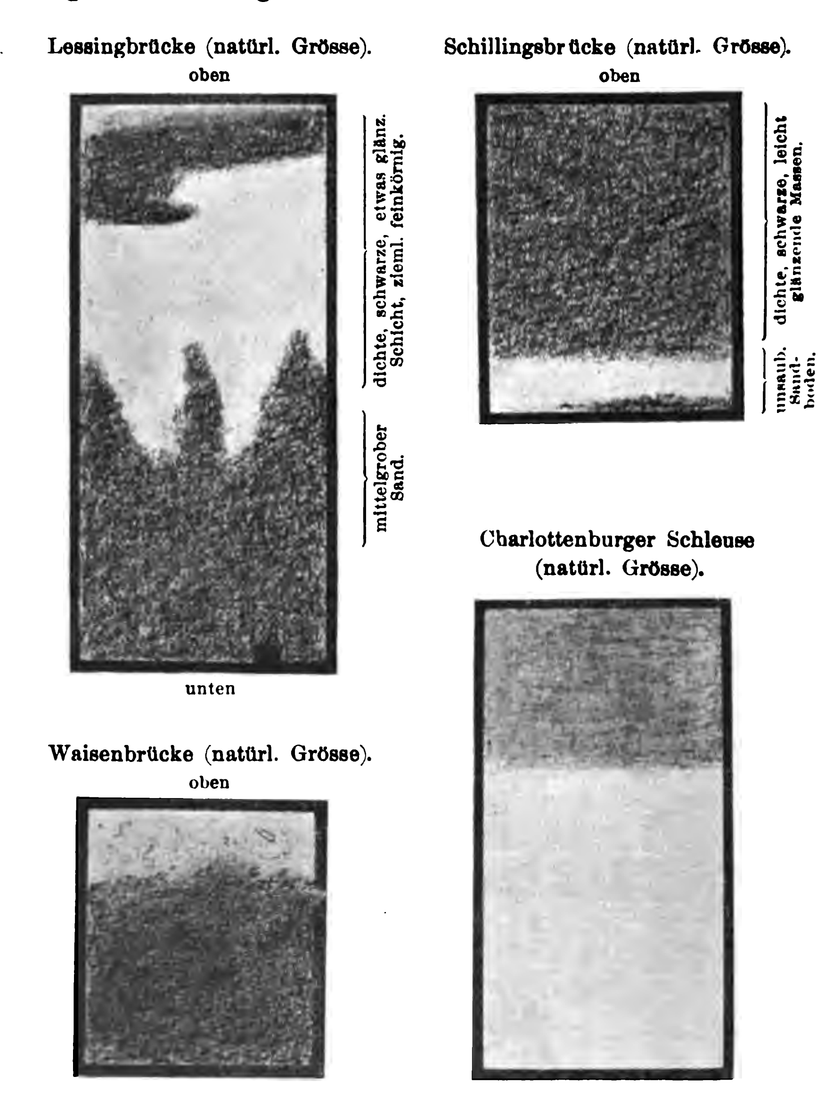
Angenommen, dass die durchschnittliche Sohlengeschwindigkeit der Spree nur die Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit, also ca. 10 cm. pro Sec. beträgt, so wird diese Geschwindigkeit noch vollauf im Stande sein, feinere und selbst gröbere Partikelchen fortzurollen. Ein Theil bleibt natürlich an den Rauhigkeiten des Bodens hängen und setzt sich dort fest.

Ich habe den Flussboden der Spree in der Art entnommen, dass ich mittels eines an eisernem Gestänge befestigten Kronenbohrers Proben herausstach. Im Innern des hohlen, ca. 3 cm im Durchmesser haltenden Bohrers liess sich ein Stempel hin und her bewegen. Der Bohrer wurde mit dem bis zum gezähnten Rande des Bohrrohres vorgeschobenen Stempel in die Tiefe gelassen und dann durch drehende Bewegungen ca. 10 cm tief in den Flussboden eingetrieben. Durch den dabei eintretenden Boden wurde der Stempel nach aufwärts gedrückt und ich erhielt somit eine Stichprobe mit dem natürlichen Wassergehalt, welche mir zugleich die Schichtung des Bodens zeigte.

Diese Schichtung ist leider nur manchmal gut ausgesprochen, aber mitunter doch sehr instructiv.

Der ursprüngliche Flussboden der Spree besteht aus mittelgrobem Quarzsande. Wir finden diesen Zustand in der Oberspree bis etwa gegen Treptow hin und in der Unterspree etwa von der Gegend der Charlottenburger Schleuse an bis gegen Spandau, ferner in der Dahme bei Grünau, auch im Müggel- und Tegeler-See. Die hier entnommenen Bodenproben sind meist, jedoch nicht ausnahmslos, rein sandig, frisch von gelbbrauner Farbe, ziemlich derber Consistenz und bieten eigentlich nichts Besonderes.

In der Stadt selbst — also etwa von der Oberbaumbrücke an bis zur Einmündung des Verbindungskanals — erbohrt man häufig oder vorwiegend einen Flussboden von schwärzlichem



Aussehen. Vielfach sind demselben aber Schichten von Sand übergelagert, so dass man den Eindruck erhält, als ob auf einen stark verunreinigten Boden eine Schicht reinen Flusssandes

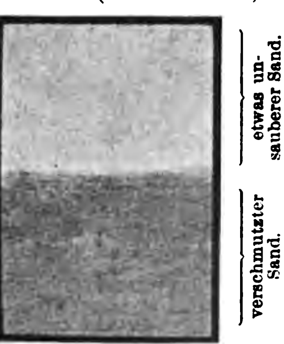
heraufgespült wäre. Da an vielen Theilen der Spree in den letzten Jahren Baggerarbeiten vorgenommen worden sind, so sind diese Erscheinungen gewiss häufig Kunstproducte. Die schwarze Farbe, welche wohl vorwiegend durch Schwefeleisen bedingt ist, findet sich an einzelnen Stellen ziemlich tief in den Boden

Spandau (natürl. Grösse).
oben

Eiswerder (natürl. Grösse).
oben



Moltkebrücke (natürl. Grösse).



Ebertsbrücke (natürl. Grösse).



eingedrungen. So fand ich an der Lessingbrücke eine ca. 4 cm hohe, oberflächliche schwarze Schicht, unter derselben eine ca. 3 cm hohe Sandschicht und darauffolgend eine abermalige schmälere schwarze Zone, ein ähnliches Verhalten an der Schillingsbrücke (vgl. die Skizzen).

Bisweilen sind die Schichten gar nicht ausgesprochen und nur die ganze Masse ein Gemisch von unsauberem Sande mit allerhand Abfällen (Ziegelstückchen, Holzstückchen etc.), so z. B. an der Waisenbrücke.

An Stellen, wo ein Stagniren der Schiffe eintritt, findet sich bisweilen bei sonst ziemlich reinem Flussboden die Auflagerung einer dunkleren Schicht (z. B. hinter der Charlottenburger Schleuse). Auch in Spandau macht sich die Verunreinigung des Flussbodens wieder bemerklich. Der Sandboden erscheint hier mit schwarzen Massen durchsetzt und häufig besteht die oberflächliche Schicht aus schwarzer Masse.

Die schwarzen Massen haben meiner Ansicht nach vorwiegend ihre Farbe durch beigemengtes Schwefeleisen. Es gibt jedoch Stellen, wo der Boden schwarze Färbung aufweist, die augenscheinlich nicht durch Schwefelwasserstoffwirkung hervorgerufen ist, sondern wo es sich um wirklichen Humus handelt. Solcher Boden findet sich z. B. in der oberen Havel bei Eiswerder. Dieser Boden enthält ausserdem, wie schon oben einmal erwähnt, grosse Mengen von kohlensaurem Kalk in Gestalt von Muscheln und Schnecken, mikroskopisch viel pflanzlichen Detritus.

Die mikroskopische Untersuchung der Bodenproben ist nicht sehr lohnend. Die Zerfallsproducte, die man in ihm findet, sind vielfach gar nicht zu deuten und zu classificiren. Auffallend ist manchmal nur der Reichthum an Diatomeenschalen, auch Algenreste finden sich oft neben wenig niederen Thieren. Auch Kohlepartikelchen lassen sich manchmal deutlich erkennen (Lessingbrücke!).

Eigenthümlich verhält sich der Boden, den ich bei Kietz (nahe Köpenick) fand. Derselbe besteht aus halbflüssigem grünschwarzen Schlamm, welcher mikroskopisch grosse Mengen von Algen und Planzenresten aufweist.

Der Boden der Seen besteht fast aus reinem Sand, ist aber auch vielfach durch einen gewissen Kalkreichthum (Muscheln) ausgezeichnet.

Constant sind die eben geschilderten Befunde nicht, wenigstens finden sich im Stadtgebiet, häufig nicht weit von einander entfernt, Stellen mit verschiedenem Charakter. —

Trocknet man die Bodenproben und zerreibt sie, so treten die Unterschiede meist viel prägnanter hervor und namentlich werden die Farbennüancen schärfer: der graugelbe Sandboden, der humusartige schwarze Boden, der mit groben organischen Resten (Holzstücke u. dgl.) vermengte Boden heben sich meist viel deutlicher von einander ab. Mehrere von den Bodenproben wurden beim Trocknen kaffee-, bis schokoladenbraun, und diese Farbe lenkte unsere Aufmerksamkeit zuerst auf den Eisengehalt einzelner Proben.

Eisenbestimmungen, die ich an Bodenproben, von verschiedenen Stellen entnommen, vornahm, ergaben folgende Werthe.

100 g der Trockensubstanz enthalten Gramm Eisen (Fe):

Müggelsee	0,93
Kietz	13,32
Wuhlemündung	10,01
Wilhelminenhof	0,106
Kuhnheim's Fabrik	11,66
Am Grenzgraben	6,26
Oberbaumbrücke	3,20
Schillingsbrücke	3,11
Ebertsbrücke	3,72
Lessingbrücke	8,19
Spandau	4,31
Eiswerder	0,48
Tegeler See	0,21
Nordhafen	2,07.

Vergleicht man diese Zahlen mit dem (S. 263) angeführten Eisengehalt des Wassers an verschiedenen Stellen, so findet sich eine gute Uebereinstimmung.

Während im Müggelsee der Eisengehalt des Bodens relativ gering ist[1]), steigt er in der Oberspree plötzlich gewaltig an,

1) Der Berliner Sandboden enthält von Haus aus meist kleine Mengen von Eisen. Vgl. Lossen, Der Boden der Stadt Berlin. Berlin 1879.

fällt dann wieder ab, hält sich durch die Stadt hindurch auf mässiger Höhe, um im Moabiter Viertel (Lessingbrücke, Bellevue) wieder eine Steigerung zu erfahren. Er sinkt dann in Spandau zu mittlerer Höhe und ist in der oberen Havel und im Tegeler See sehr gering. Die Erklärung für dieses Verhalten kann ich nur in dem Zuströmen eisenhaltigen Grundwassers finden, das die Fabriken aus ihren Pumpen in die Spree entleeren. Da gerade die Oberspree und Moabit besonders reich an Fabriketablissements sind, so hat diese Erklärung einige Wahrscheinlichkeit für sich.

Weniger instructiv sind die Ergebnisse einiger Stickstoffbestimmungen im Boden. Ammoniak, Nitrite und Nitrate werden aus dem Boden ausgewaschen, und in der That erhält man aus wässerigen Bodenauszügen selten deutliche Reaction auf diese Stoffe, am ehesten noch Ammoniakreaction und Salpeterreaction. Ich hoffte daher, durch einige Bestimmungen Aufschluss über die organischen Stickstoffmengen des Bodens zu erhalten.

Ich führe einige der gewonnenen Zahlen an.

100 g Trockensubstanz enthalten Gramm N:

Müggelsee	0,119
Köpenick	0,337
Wuhlemündung	0,254
Kuhnheim's Fabrik	0,168
Am Grenzgraben	0,439
Oberbaumbrücke	0,231
Schillingsbrücke	0,476
Ebertsbrücke	0,149
Lessingbrücke	0,247
Am Verbindungskanal	0,048
Charlottenburger Schleuse	0,050
Spandau	0,024
Eiswerder	0,449
Tegeler See	0,082
Nordhafen	0,665.

Die höchste Zahl findet sich zwar an einer besonders verschmutzten Stelle der Berliner Wasserläufe (Nordhafen), einige

niedrige an Stellen, welche wir als rein anzusehen gewöhnt sind (Tegeler See u. a.). Dazwischen aber passen manche der Zahlen nicht zu den Anschauungen, die wir uns von dem Reinheitsgrade der einzelnen Stellen zu machen gewohnt sind.

Die hohe Zahl bei Köpenick und in der oberen Havel (Eiswerder) ist wohl auf den Reichthum an abgestorbenen Pflanzen zurückzuführen (vgl. S. 270).

Der Flussboden enthält ferner Schwefel in Substanz, entstanden durch Oxydation des Schwefelwasserstoffs. Wenn man grössere Quantitäten von Flussboden (200—500 g) mit Schwefelkohlenstoff oder Benzol mehrmals ausschüttelt, dann abdunstet und den Rückstand eventuell noch mit Aether auswäscht, so bleibt Schwefel in kleinen Quantitäten zurück, erkennbar an der Brennbarkeit mit blauer Flamme, Bildung von schwefliger Säure und Bildung von Schwefelsäure beim Zusammenschmelzen mit Soda und Salpeter.

Auch den Wasser- und Aschegehalt habe ich von 40—50 Bodenproben bestimmt, in der Hoffnung aus denselben Schlüsse ziehen zn können. Obgleich der Gehalt an Trockensubstanz in grossen Grenzen schwankt, nämlich zwischen 10,83 % (Kietz) und 85,01 % (Wiener Brücke), vermögen wir doch kein gesetzmässiges Bild aus demselben zu gewinnen. Im Allgemeinen hat der reine sandige Flussboden einen geringeren Wassergehalt als der verunreinigte oder mit Pflanzenresten durchsetzte, doch kommen auch Ausnahmen vor (vgl. Tabelle XIV). Der Aschegehalt ist ebenfalls bisweilen geringer an Stellen, die viel organisches Material bergen (Schillingsbrücke, Kietz). Im Allgemeinen aber sind die Differenzen und Ausschläge doch recht unbedeutende. Der Boden des Rheins besteht aus Geröll, gröberem und feinerem Kies, welcher fast überall ganz rein erscheint. Höchstens unterhalb Niehl an der Uferzone hat er eine etwas »erdigere« Beschaffenheit, ohne indes an Schlamm zu erinnern.

Die Bedeutung der Stromgeschwindigkeit für die Reinhaltung des Flussbodens haben wir schon öfter

(Fortsetzung des Textes auf S. 275.)

Tabelle XIV.

Trockensubstanz und Aschegehalt der Bodenproben.

Entnahmestelle	Probe I %		Probe II %		Probe III %	
	Trockensubstanz	Asche[1]	Trockensubstanz	Asche[1]	Trockensubstanz	Asche
Müggelsee	74,05	95,97	74,44	98,62	—	—
Grünau	81,72	—	79,36	98,70	—	—
Kietz	10,83	71,59	51,72	89,10	—	—
Köpenick	46,29	—	—	—	—	—
Spindlersfeld	81,02	99,62	—	—	—	—
Wuhlemündung	67,84	—	75,94	—	73,68	93,99
Oberschöneweide	68,12	97,84	—	—	—	—
Wilhelminenhof	72,91	98,65	79,98	99,07	—	—
Kuhnheim's Fabrik	67,85	90,30	73,53	95,13	77,77	96,73
Neues Eierhäuschen	84,42	99,56	—	—	—	—
Am Grenzgraben	69,06	—	54,21	91,36	68,72	99,69
Oberbaumbrücke	62,32	95,09	70,82	97,22	—	—
Pfuhl'sche Badeanstalt	79,13	98,76	—	—	—	—
Schillingsbrücke	35,97	60,14	38,42	—	71,09	69,64
Waisenbrücke	—	—	—	—	—	—
Mühlendamm	59,29	94,79	—	—	—	—
Ebertsbrücke	73,54	90,00	—	—	—	—
Lutherbrücke	—	—	—	—	—	—
Lessingbrücke	63,59	86,80	—	—	—	—
Am Verbindungskanal	82,08	96,59	83,74	99,85	—	—
Charlottenburger Schleuse	83,87	—	—	—	—	—
Spandau	82,25	—	—	—	—	—
Eiswerder	48,44	—	59,68	93,45	—	—
Jörsfelde	51,80	90,75	—	—	—	—
Tegeler See	81,00	99,34	—	—	—	—
Landwehr- und Spandauer Schiffahrtskanal.						
Wiener Brücke	85,01	99,75	—	—	—	—
Urbanhafen	79,72	98,05	—	—	—	—
Hafenplatz	68,50	93,20	—	—	—	—
Lichtensteinbrücke	75,94	97,80	—	—	—	—
Dovebrücke	76,16	90,85	—	—	—	—
Spandauer Schiffahrtskanal	81,68	—	—	—	—	—
Nordhafen	48,24	87,79	—	—	—	—

1) Procent der Trockensubstanz.

gestreift. Es ist klar, dass ein schneller fliessender Fluss das abgelagerte Material, auch gröberer Natur, auf eine weitere Strecke wird vertheilen können als ein langsam fliessender. So werden in dieser Beziehung die Verhältnisse an der Isar, an der Elbe und am Rhein günstiger liegen als sie seiner Zeit bei der Spree gelegen haben. Nur ein eintretendes Hochwasser vermag auch bei langsam fliessenden Strömen von Zeit zu Zeit durch das Anwachsen der Stromgeschwindigkeit den Flussboden wieder rein zu fegen von allen organischen Sedimenten.

Die Bodenreinigung der Flüsse vollzieht sich bis zu einem gewissen Grade ebenso wie die Selbstreinigung des freien Erdbodens, nur dass beim Fluss die löslich gewordenen Stoffe durch Auslaugung permanent entfernt werden. Die stickstoffhaltigen Stoffe verfallen der Nitrification, die Kohlehydrate mit Ausnahme der Cellulose werden leicht zerlegt, und die Fette gespalten und theils weiter zerlegt, theils verseift.

Im Flussboden fand ich an einer Stelle mittlerer Verunreinigung (Mühlendamm) pro 1 Kilo Trockensubstanz 2,096 g Aetherextract. Wurde die extrahirte Masse angesäuert, zur Trockene verdampft und nochmals mit Aether extrahirt, so resultirte eine erhebliche Menge dickflüssiger braunschwarzer Masse, welche sich bei 100° nicht weiter trocknen liess. Dieser Fett- und Seifengehalt rührt wohl hauptsächlich aus zufliessenden Kanalwässern her[1]).

Während nun beim freien Erdboden der Sauerstoff der Luft frei eindringen kann, bezieht der Flussboden den zur Oxydation nothwendigen Sauerstoff vorwiegend aus dem Wasser. Ist dieses mit organischen Stoffen und Bacterien überladen, so kann, wie wir gesehen haben, der Sauerstoffgehalt beträchtlich sinken, ja es ist denkbar, dass er an Stellen grosser Verschmutzung ganz aufgezehrt wird. Es kann dann von einer Selbstreinigung des Bodens keine Rede mehr sein, und es tritt die Thätigkeit

1) Ich erhielt aus 10 l Kanalwasser 13,82 g Trockensubstanz. In diesen waren enthalten 0,557 g Aetherextract und eine erhebliche Menge von Seifen.

der anäeroben Bacterien nun hervor, d. h. die Gärung der Massen, die stinkende Zersetzung. Dieselbe documentirt sich durch die Gasbildung.

Die Gasbildung ist also ein wichtiges Zeichen der versagenden Selbstreinigung eines Flusses. Sie geht Hand in Hand mit der sogenannten Schlammbankbildung. Auf Wunsch von Herrn Geh.-Rath Rubner habe ich auch die Untersuchung der Gase des Flussbodens mit in den Bereich meiner Arbeit gezogen, und wenn die Prüfung auf diese Verhältnisse auch nur selten ausgeführt werden konnte wegen der Schwerfälligkeit der mitzunehmenden Apparate und des Zeitaufwands, welchen die Probeentnahmen häufig verursachen, so habe ich doch einige Proben untersuchen können.

Ursprünglich bedienten wir uns zur Gasentnahme eines langen, hohlen Eisengestänges mit angelöthetem weiten Blechtrichter. An das obere Ende der Eisenröhren wurde ein ca. 300 ccm fassender Recipient aus Glas angesetzt, welcher beiderseits mit zwei grossen, gut eingeschliffenen und eingefetteten Hähnen verschliessbar war. Durch schiefes Versenken unter Wasser bei geöffneten Hähnen wurde die Luft aus dem System ausgetrieben (oft sehr schwierig und unbequem), der obere Hahn dann unter Wasser geschlossen und das Gestänge dann senkrecht aufgerichtet. Durch leises Aufstossen des Trichters auf den Boden lösen sich dann die Gasblasen los, steigen auf und erscheinen schliesslich in dem graduirten Recipienten, so dass man die Schnelligkeit der Gasentwickelung verfolgen kann. Später habe ich statt dieses umständlichen Apparates einen Recipienten mit daran befestigtem Blechtrichter selbst versenkt. Eine Schwimmkugel löste dabei elektrische Klingelsignale aus, so dass sowohl das Eintreten der ersten Gasblasen als auch das Vorhandensein einer gewissen Gasquantität angezeigt und mit der Uhr controllirt werden konnte.

Analysirt wurden die Gase nach der Hempel'schen Methode. Kohlensäure wurde durch Kalilauge, Sauerstoff durch alkalische Pyrogallollösung, schwere Kohlenwasserstoffe durch rauchende Schwefelsäure, Kohlenoxyd durch ammoniakalische Kupferchlorürlösung absorbirt, Wasserstoff durch Verbrennung mittels Palladiumasbest nach Winkler oder durch Explosion, Methan durch Explosion bestimmt.

I. Gas aus dem Nordhafen, aufgefangen am 21. Juni. In 15 Minuten wurden 300 cbm Gas durchschnittlich gewonnen.

3 Proben an verschiedenen Stellen:

	Probe I	Probe II	Probe III
CO_2	2,1 %	6,0 %	13,7 %
O	3,0 »	2,2 »	0
Schwere Kohlenwasserstoffe	0	0	0
CO	4,4 %	3,5 %	0,5 %
H	0	0	0
Methan	36,2 %	37,3 %	59,2 %

II. Gasprobe, am 19. Juli an der Oberbaumbrücke, rechte Stromseite, entnommen. Wassertemp. 18,2°. Tiefe 2,4 m. In 27 Min. werden 260 ccm gewonnen.

CO_2 . . .	1,46 %
O	0,87 »
CO . . .	0,58 »
H	2,55 »
Methan . .	18,3 »

III. Ebertsbrücke (an der Quaimauer der chirurg. Klinik), rechte Stromseite. Wassertemp. 18,5°. Tiefe 1,75 m. Am 19. Juli. In 16¼ Min. werden 300 ccm gewonnen.

CO_2 . .	= 2,88 %
O . .	= 3,29 »
CO . .	= 9,89 »
H . .	= 1,56 »
Methan .	= 8,39 »

IV. Moabiter Brücke (hinter Restaurant Spreehallen), rechte Stromseite. Stromtiefe 1,38 m. Wassertemp. 18,6°. Am 19. Juli.

CO_2 . .	= 1,04 %
O . .	= 4,17 »
CO . .	= 11,89 »
H .	= 0,0 »
Methan .	= 13,67 »

V. Vor Spandau (vor den ersten Häusern und vor Einmündung der Gräben). Rechte Stromseite. Stromtiefe 2,92 m.

Wassertemp. 18,8°. In 20 Min. werden nur 50 ccm gewonnen. Am 19. Juli.

CO_2 . .	=	1,40 %
O . .	=	0,93 »
CO . .	=	4,21 »
H . .	=	0 »
Methan .	=	22,5 »

VI. Charlottenburger Schleuse. Füllungszeit nicht bekannt. Wassertemp. 16°. Tiefe 2,50 m. Am 8. September.

CO_2 . .	=	2,1 %
O . .	=	0,0 »
CO . .	=	0,4 »
H . .	=	0,0 »
Methan .	=	12,2 »

VII. Am Grenzgraben (nahe der Einmündung). Tiefe 1 m. Wassertemp. 2°. In 1 Min. 200 ccm. Am 10. Februar.

CO_2 . .	=	5,4 %
O . .	=	1,8 »
CO . .	=	0,2 »
H . .	=	0,0 »
Methan .	=	16,3 »

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass die Schnelligkeit der Entwickelung, d. h. der grösste Gasvorrath, sich an den Stellen starker Verschmutzung findet, dass aber auch anscheinend reine Flussgebiete nicht gasfrei sind (Spandau). In der That, wenn es die Zeit erlaubte, so könnte man wohl überall geringe Mengen Gas finden. Augenscheinlich sind die Herde sehr localisirt. Man trifft mitunter 1 m weiter fort auf Gasblasen, nach denen man vorher vergeblich gesucht hatte.

Wie das einfache Stöbern mit der Bootsstange zeigt, findet sich Gas gewöhnlich mehr dem Ufer zu als in der Mitte. Dies ist verständlich, da der Strom am Rande ein langsamerer ist als in der Mitte, und es daher am Ufer am leichtesten zum Absitzen der Theilchen und zur Schlammbankbildung kommt.

Hoppe-Seyler fand selbst im Bodensee in der Nähe des Ufers fast überall Gas, das auch im Winter nicht fehlte[1]). Diese Stellen waren meist thonig schlammig. An sandigen Stellen war die Gasentwickelung weniger ergiebig. Das Gas enthielt stets reichlich Methan, weder Wasserstoff, noch Sauerstoff, wenig Kohlensäure und selten Spuren von Schwefelwasserstoff[2]). Bei einer Wassertiefe von 10 m an hörte die Gasentwickeluug auf.

Wasserstoff fehlte in meinen Untersuchungen auch meist (nur zweimal fand ich ihn in geringer Menge), Sauerstoff dagegen ergab sich öfter in nicht unbeträchtlicher Menge. Da ein Eindringen von Luft bei der Probeentnahme meines Erachtens nicht vorgekommen ist, so könnte der Befund darauf hindeuten, dass vielleicht von Seiten gewisser Wasserpflanzen eine Sauerstoffproduction stattgefunden hat. Immerhin erscheint mir diese Erklärung aber nicht bewiesen. Kohlenoxyd wurde in kleineren und grösseren Mengen gefunden, Methan fast immer in erheblichen Quantitäten. Am Rhein, bei Köln, wurde Gasbildung nicht beobachtet. Nur im sogenannten Rheinhafen, wo das Wasser etwas stagnirt, soll sich Gährung bemerkbar machen, ebenso findet sich an der Uferzone, unterhalb Niehl, ab und zu etwas Gas, jedoch in unerheblichen Quantitäten.

Eine Gasanalyse liegt auch vor von den Flussbodengasen der Seine[3]). Man fand darin:

Kohlenwasserstoffe . .	72,88 %
Kohlensäure	12,30 »
Kohlenoxyd	2,54 »
Schwefelwasserstoff .	6,70 »
Verschiedenes . . .	4,58 »

Die durch Sauerstoffmangel entstehende Gärung und Schlammbankbildung lässt sich, wie oben gezeigt, auch experimentell vorführen. Cylinder V, welcher mit Flussboden

1) Vgl. auch die Notizen unter Gas in der folgenden Uebersichtstabelle.
2) Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. X und XI.
3) Die Reinigung der Seine. Bericht a. a. O., S. 14.

(Fortsetzung des Textes auf S. 292.)

Uebersichtstabelle

I. Fahrt. 28. September 1898. Lufttemp. 16,9°. Barometer 752,6. Mässig brücke 32,22. Wasser-

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit [1]) und anderes	Plankton- Trocken-substanz in 100 l g	Plankton- Volumen in 100 l ccm
1	Müggelsee	über 400	Ufer nur stellenweise bebaut	—	—
2	Müggelschloss	210	Einmünd. d. Spree. Ufer bebaut	0,129	3,6
3	Cöpenick	210	Bebaut	1,082	23,4
4	An der Wuhlemündung	270	Ufer theilweise bebaut. Einmündung von Drainwässern	0,140	3,6
5	Bei Wilhelminenhof	250	Villen und Restaurationen	0,112	6,0
6	Kuhnheims Fabrik	250	Grosse chemische Fabrik. Restaurationen	0,060	3,9
7	Rummelsburg (am Grenzgraben)	135	Bebaut. Einmündung von Drainwässern der Rieselfelder	0,341	14,0
8	An der Oberbaumbrücke	250	Abzweigung d. Landwehrkanals. Bebaut. Fabrikanlagen.	0,060	2,4
9	An der Schillingsbrücke	300	Dicht bebaut (Stadt Berlin). Ufermauern, Fabrikanlagen	0,128	3,3
10	Am Mühlendamm	400	Stadt Berlin. Hauptschleuse	0,087	2,8
II. Fahrt. 5. October 1898. Lufttemp. 14,6°. Barometer 766,0. Be- brücke 32,24. Wasser-					
11	Mühlendamm	230	Bebaut	0,049	1,7
12	Moltkebrücke	215	Stadt Berlin. Ufermauern	0,199	2,5
13	Hansabrücke	240	Keine Ufereinfassung	0,727	4,7
14	Am Verbindungskanal	280	Abladeplätze von Spreekähnen	0,153	2,6
15	Charlottenburger Schleuse	355	Stets viele Lastkähne	0,047	0,97
16	Paulstern	225	Ufer frei	0,111	1,7
17	Spandau	210	Stadt Spandau. Stellenweise Ufermauern	0,169	3,1
18	Tiefwerder	230	Bebaut	0,200	3,3
19	Gatow	400	Zum grössten Theil freie und bewaldete Ufer	0,032	0,7
20	Cladow	400	»	0,032	1,9

1) Diese Rubrik ist später, bei Wiederholung der aufgeführten Stationen, nicht mehr ausgefüllt.

der Untersuchungen.

bedeckt. Kein Wind. Kein Regen vorher. Spreewasserstand: Oberbaum-temperatur 11,5°.

Asche d. Plankton-trocken-substanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im l: b. d. Entnahme	Sauerstoff ccm im l: nach x Std.	Anzahl der Keime pr. ccm: Gelatine-platte	Anzahl der Keime pr. ccm: Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetr. Säure	Bodenprobe	Gas
Fehlt.	Grüngelber Bodensatz und schwimmende grüne Algen	Hauptsächlich Fäden (Melosira) neben mehr oder weniger Detritus.	Nicht bestimmt.	Nicht bestimmt.	60		Nicht untersucht.	Nicht untersucht.	Fehlt.	0
	»				90					0
	Grössere Wasserpflanzen beigemischt				—					0
	Grünschwarzer Bodensatz, etwas schwimmend. Algen				2 100					positiv
	»				4 690					0
	Fast nur grünschwarzes Sediment				4 480					0
	»				87 040					positiv
	»				131 840					gering
	»				58 760					0
	»				6 380					0

deckt. Windstill. Tags zuvor etwas Regen. Spreewasserstand: Oberbaum-temperatur

Asche d. Plankton-trocken-substanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im l: b. d. Entnahme	Sauerstoff ccm im l: nach x Std.	Anzahl der Keime pr. ccm: Gelatine-platte	Anzahl der Keime pr. ccm: Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetr. Säure	Bodenprobe	Gas
56,67	Grünschwärzliche Massen.	Fäden (Melosira), Pediastrum, Asterionella, Polycystis etc. Niedere Thiere. Detritus.			2 400		Nicht untersucht.	Nicht untersucht.	Nicht berücksichtigt.	Nicht berücksichtigt
62,50		»			4 490					
42,86		»			3 220					
59,46		»			5 740					
63,64		»			35 200					
71,21		»			11 520					
69,15		»			3 510					
68,85		»			13 100					
64,71		Fast nur Melosira Asterion. Pediastr. Notholca. Wenig Detritus. Polycystis			7 870					
52,94		»			30					

III. Fahrt. 13. October 1898. Lufttemp. 8,0°. Barometer 753,6. Bedeckt.
brücke 32,29. Wasser-

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit und anderes	Plankton- Trocken-substanz in 100 l g	Plankton- Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrocken-substanz in %
21	Grünau	350	Ufer wenig besiedelt. Waldung	0,054	2,5	60,00
22	Kietz	450	—	0,343	4,9	72,97
23	Wuhlemündung	270	—	0,092	1,4	66,67
24	Wilhelminenhof	315	—	0,021	0,6	53,33
25	Kuhnheim's Fabrik	290	—	0,047	1,1	63,89
26	Rummelsburg (Grenzgraben)	250	—	0,183	4,9	62,81
27	Oberbaumbrücke	360	—	0,043	0,5	75,61
28	Schillingsbrücke	330	—	0,034	1,1	63,40
29	Mühlendamm	410	—	0,141	2,1	60,00
IV. Fahrt. 26. October 1898. Lufttemp. 14,4°. Barometer 756,4. Bedeckt. brücke 32,20. Wasser-						
29a	Mühlendamm	—	—	—	—	—
30	Ebertsbrücke	180	—	0,210	2,62	67,80
31	Lessingbrücke	180	z. Th. Ufermauern	0,149	2,62	60,56
31a	Am Verbindungskanal	—	—	—	—	—
31b	Charlottenburger Schleuse	—	—	—	—	—
31c	Paulstern	—	—	—	—	—
32	Spandau	280	—	0,043	1,01	61,90
33	Eiswerder	400	Ufer nur z. Th. besiedelt. Waldung	0,024	0,71	64,00
33a	Valentinswerder	—	»	—	—	—
34	Jörsfelde	220	Ufer ganz unbesied. Wald	0,019	0,77	63,64
35	Spandauer Schiffahrtskanal vor Haselhorst	175	Der Kanal läuft anfänglich durch unbebautes Terrain, später durch Ansiedelungen u. Stadt Berlin	0,482	6,80	70,43
36	Ebenda vor den Eiswerken	210		0,142	3,56	69,62
37	Ebenda Nordhafen	220	Nordhafen: Grosser Lösch- und Ladeverkehr	0,187	2,58	65,14

Wind schwach. Regen, auch Tags zuvor. Spreewasserstand: Oberbaumtemperatur 11,5°.

Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskop.	Sauerstoff ccm im Liter		Anzahl der Keime pr. ccm		Ammoniak	Salpetr. Säure	Bodenprobe	Gas
		bei d. Entnahme	nach x Stunden	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.				
Grünliche bis grünschwärzliche Massen, ziemlich dicht gelagert.			x = 24			Nicht untersucht.	Nicht untersucht.		
	Melosira, Polycyst. Asterion. Detritus, Daphniden		7,09	60				Sand	—
	»		4,73	10 000				Halbflüss. grünlicher Schlamm	—
	Dasgleiche, ferner Vorticell. u. and. nied. Thiere		6,53	960				Schwarz, nach Trocknen kaffeebraun	Vorhanden
	Wie 21		3,10	15 120				Sand	—
	»		0,10	78 080				Schwärzlich, nach Trocknen kaffeebraun	—
	Wie 23, aber mehr Detritus		0,23	105 600				Schwarz, nach Trocknen braun	Vorhanden
	Wie 21, grössere Mengen Detritus		0,15	97 820				Schwarzbraun	Gering
	»		0,18	152 600				Schwarz, viel Holzpartikel	—
	»		0,16	17 920				Schw., Kohle enth.	—

Geringer Wind. Etwas Regen, auch Tags zuvor. Wasserstand: Oberbaumtemperatur 9°.

Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskop.	Sauerstoff bei d. Entnahme	Sauerstoff nach x Stunden	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetr. Säure	Bodenprobe	Gas
grünlich-schwärzlich, dicht.	In der Spree Befund wie bei Fahrt III		1,23	—		Nicht bestimmt.	Nicht bestimmt.	Schwarz	—
			0,72	54 080				Unreiner Sand	Spuren
			0,23	158 720				Stark verunreinigter Sandboden mit viel Holzstücken	Am Ufer
			1,12	—					—
			1,66	—				—	—
			1,85	—				—	—
			5,40	50 880				Unreiner Sand	—
grün-gelbl. lockerer.	Sehr viel Asterionella Melos. Pediastr. Fragilar. Wenig todtes organ. Mater.		8,15	2 680				Humusartiger Boden, nach dem Trocknen feines lockeres Pulver	—
			8,29	—					—
			8,46	730				Sand mit viel Muscheln	—
bräunlich-grün, dicht.	Asterionella Melosira, sonstige Diatomeen. Viel Detritus. Viel niedere Thiere (Amöben, Würmer etc.)		—	—				Sandboden	—
			—	—				Sandboden	—
			—	—				Ueber metertiefes Schlammwasser	Starke Gasentwickel.

V. Fahrt. Am 12. November 1898. Lufttemp. 4,8°. Barometer 759,3. Ziembrücke 32,32. Wasser-

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit und anderes	Plankton- Trockensubstanz in 100 l g	Plankton- Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch
38	Müggelsee	über 400	—	0,003	0,24	60,00	zart gelblich
39	Cöpenick	380	—	0,042	0,66	68,18	
40	Wuhlemündung	280	—	0,144	2,83	65,79	schwärzlich
41	Wilhelminenhof	320	—	0,032	0,94	70,59	grünschwarz
42	Kuhnheim's Fabrik	300	—	0,100	1,89	69,81	»
43	Rummelsburg (am Grenzgraben)	150	—	3,284	31,48	77,84	schwärzlich
44	Oberbaumbrücke	280	—	0,103	0,94	71,95	grünschwarz
45	Schillingsbrücke	325	—	0,043	0,94	39,13	»

VI. Fahrt. Am 3. December 1898. Lufttemp. 7,8°. Barometer 753,7. Mässig Oberbaumbrücke 32,24.

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit und anderes	Plankton- Trockensubstanz in 100 l g	Plankton- Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch
46	Schlütersteg	210	Stadt Berlin Ufermauern	—	—	—	Schwärzlich, ziemlich dicht.
46a	Moltkebrücke	—	—	—	—	—	
47	Lessingbrücke	235	—	0,042	0,94	59,09	
47a	Am Charlottenburger Schlosspark	—	—	—	—	—	
48	Charlottenburger Schleuse	270	—	0,076	1,89	60,00	
48a	Paulstern	—	—	—	—	—	
49	Spandau	—	—	0,106	1,89	67,86	
50	Eiswerder	über 400	—	0,020	0,71	57,14	Locker, etwas heller.
50a	Baumwerder	—	—	—	—	—	
51	Tegeler See	über 400	Ufer nur wenig besiedelt	Netz beschädigt		—	

lich bedeckt. Mässiger Wind. Kein Regen. Wasserstand: Oberbaum- temperatur 6°.

Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im Liter		Anzahl der Keime pr. ccm		Ammoniak	Salpetr. Säure	Bodenprobe	Gas
	bei d. Entnahme	nach x Stund.	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.				
		x = 6						
Fast nur Asterionella, wenig Melosira, Fragil. etc. Niedere Thiere spurenweise. Fast kein Detritus		7,79	360		Nicht bestimmt.	Nicht bestimmt.	Sand mit Muscheln	—
		7,59	430				Sandig, stellenweise verschlammt	—
Bild wie 38, jedoch viel niedere Thiere u. todtes organisches Material		6,86	10 850				Wie 23	positiv
Wie 38, jedoch mit etwas organ. Massen und einigen niederen Thieren		6,72	10 666				Wie 24	—
		6,89	40 960				Wie 25	—
Wie 40		5,28	7 910				Wie 26	positiv
Asterionella, Melosira, sonstige Diatomeen. Einige Daphniden, Detritus		5,57	47 360				Wie 27	wenig
		5,14	27 000				Wie 28	gering

und vorübergehend bedeckt. Mässiger Wind. Vorher Regen. Wasserstand: Wassertemperatur 5°.

Aussehen des Planktons mikroskopisch	bei d. Entnahme	nach x Stund.	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetr. Säure	Bodenprobe	Gas
In der Spree Sternalgen, Melosira, sonstige Diatomeen. Wechselnde Detritusmengen		7,49	60 160		Spur	0	—	—
		7,75	—		»	»	—	—
		7,49	76 800		»	»	Unreiner Sand, viel Holzpartikel	wenig
		6,56	—		»	»	—	—
		6,85	172 800		»	»	Vorwiegend Sand	—
		5,96	—		»	»	—	—
		6,75	192 000		»	»	Unreiner Sand	—
Fast ausschliesslich Algenplankton mit Vorwiegen d. Sternformen		9,11	3 330		»	»	Wie 33	—
		8,74	—		»	»	—	—
		9,16	240		0	»	Sand	—

VII. Fahrt. Am 10. Februar 1899. Lufttemp. 11,4°. Barometer 753,5.
stand: Oberbaumbrücke 32,34.

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit u. anderes	Plankton-Trockensubstanz in 100 l g	Plankton-Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch
52	Müggelschlösschen	220	—	0,005	0,15	33,33	braungelb locker
52a	Cöpenick	—	—	—	—	—	—
53	Wuhlemündung	290	—	0,119	2,42	61,22	schwarz compact
54	Wilhelminenhof	230	—	0,062	3,02	58,07	schwarz-grünlich, dicht
55	Kuhnheim's Fabrik	295	—	0,109	2,27	76,41	(54–55)
56	Rummelsburg (am Grenzgraben)	220	—	0,028	1,01	50,00	schwarz-braun, flockig
57	Oberbaumbrücke	250	—	0,136	0,76	55,56	grau-schwarz
58	Schillingsbrücke	340	—	0,024	0,76	58,33	(57–58)
58a	Mühlendamm	—	—	—	—	—	—

VIII. Fahrt. Am 29. April 1899. Lufttemp. 17,5°. Barometer 751,9.
brücke 32,26. Wasser-

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit u. anderes	Plankton-Trockensubstanz in 100 l g	Plankton-Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch
58a	Mühlendamm	—	—	—	—	—	schwarzgelblich bis schwarzgrünlich, dicht
59	Schlütersteg	240	—	0,111	3,78	56,82	(58a–63)
60	Lessingbrücke	250	—	0,083	2,08	59,09	
61	Am Verbindungskanal	320	—	0,055	1,57	56,82	
62	Spandau	300	—	0,153	2,83	70,37	
63	Tiefwerder	180	—	0,077	2,58	63,33	
64	Gatow	über 400	—	0,034	0,94	61,11	gelb, flockig
65	Cladow	über 400	—	0,013	0,94	42,86	(64–65)

IX. Fahrt. Am 27. Mai 1899. Lufttemp. 12,8°. Barometer 755,0. Bedeckt.
baumbrücke 32,34.

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit u. anderes	Plankton-Trockensubstanz in 100 l g	Plankton-Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch
66	Grünau	400	—	0,271	5,67	81,63	Schwarzgelblicher bis schwärzlicher Bodensatz. An einigen Stellen treten schwimmende, grüne Algen spurenweise auf.
67	Kietz	über 400	—	0,199	4,09	67,72	(66–72)
68	Spindlersfeld	250	—	—	—	—	
69	Oberschöneweide	260	—	0,040	1,43	61,90	
69a	Kuhnheim's Fabrik	—	—	—	—	—	
70	Neues Eierhäuschen	245	Einige Vergnügungslokale	0,074	1,43	58,98	
70a	Bahnhof Treptow	—	Ufer z. Th. frei	—	—	—	
71	Pfuhl'sche Schwimmanstalt	240	bebaut	0,149	2,83	62,08	
71a	Michaelsbrücke	—	Stadt Berlin	—	—	—	
72	Mühlendamm	500	—	0,154	2,83	61,96	

Mässig bedeckt. Geringer Wind. Regen, ebenso Tags zuvor. Wasser-
Wassertemperatur 2°.

Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im Liter		Anzahl der Keime pr. ccm		Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
	bei d. Entnahme	nach x Stund.	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.				
Vorwiegend Algenplankton (Sternformen)	—	x=20 7,92	800		0	Spur	Sand	—
	—	7,65	—		0	0	—	—
	—	7,63	3 200		Spur	0	Wie 23	positiv
Plankton aus Asterion., Melosira u. spärl. and. Algen und Diatomeen. In 53 u. 56 viel todtes organisches Material u. niedere Thiere, sonst mässige Detritusmengen	—	7,40	8 320		»	0	Wie 24	—
	—	7,88	7 680		»	0	Wie 25	—
	—	3,74	14 080		»	0	Wie 26	positiv
	—	7,13	18 560		»	0	Wie 27	—
	—	6,75	23 040		»	0	Wie 28	—
	—	6,58	—		0	0	—	—

Bedeckt Schwacher Wind. Etwas Regen. Wasserstand: Oberbaum-
temperatur 13,5°.

Aussehen des Planktons mikroskopisch	bei d. Entnahme	nach x Stund.	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
In der Spree das gewöhnl. Algen- u. Diat.-plankton. Stern- und Fadenformen anscheinend gleich zahlreich. 59 u. 61 zeichnen sich durch lebhaftere Thiervegetation aus. Wechselnde Detritusmengen.	—	4,86	Platten verflüssigt.		—	—	—	Nicht berücksichtigt.
	—	5,64			0	0	—	
	—	5,41			0	0	—	
	—	2,79			0	Spur	vorwieg. Sand	
	—	4,92			0	Spur	—	
	—	—			—	—	—	
In d. Havel vorwiegend Algenplankton (wenigstens in 64 u. 65) vorwiegend Sternformen.	—	6,25			0	Spur	—	
	—	8,04	270		0	deutlich	—	

Ziemlich starker Wind. Kein Regen, aber Tags zuvor. Wasserstand: Ober-
Wassertemperatur 16°.

Aussehen des Planktons mikroskopisch	bei d. Entnahme	nach x Stund.	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
Das Plankton besteht hauptsächlich aus Melosirafäden. Sternformen treten zurück. Polycystis aeruginosa beginnt wieder aufzutreten. Zahlreiche Daphniden, Cyclops quadricornis etc. Wechselnde Detritusmengen	6,56	—	280		Spur	Spur	Sand	Nicht berücksichtigt.
	6,26	—	5 120		0	0	Weicher Pflanzenschlamm	
	5,80	—	11 840		0	0	Sand	
	5,89	—	7 870		Spur	0	Sand m. Ziegelstückchen	
	5,90	—	6 720		—	—	—	
	5,73	—	30 080		0	0	Sand	
	5,55	—	69 120		—	—	—	
	5,79	—	verflüss.		Spur	0	Unreiner Sandboden	
	5,73	—	49 280		—	—	—	
	5,64	—	44 160		Spur	0	Wie 29	

X. Fahrt. Am 13. Juni 1899. Lufttemp. 10°. Barometer 750,8. Bedeckt.
brücke 32,30 Wasser-

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit u. anderes	Plankton- Trockensubstanz in 100 l g	Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch
73	Treptow	270	—	0,227	6,61	60,83	braungelb locker
74	Landwehrkanal (Wiener Brücke)	180	Stadt Berlin Quaimauern	—	10,70	—	bräunlich bis schwarzbraun, zieml. compact. Spurenweise schwimmende grüne Algen.
75	Landwehrkanal (Urbanhafen)	200	Lebhafter Ladeverkehr. Quaimauern	10,600	75,5	76,04	
76	Landwehrkanal (Schöneberger Brücke)	—	»	0,446	9,44	50,85	
77	Landwehrkanal (Lichtensteinbrücke)	170	Zahlreiche Spreekähne. Ufermauern	4,729	37,77	75,08	
78	Landwehrkanal (Dovebrücke)	195	Lebhafter Schiffsverkehr. Stellenweise Ufermauern	0,212	7,55	64,28	
79	Verbindungskanal (Spree)	330	—	0,337	10,07	61,19	schwarzbraun locker

XI. Fahrt. Am 7. Juli 1899. Lufttemp. 17°. Barometer 761,0. Bedeckt.
Oberbaumbrücke 32,28.

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit u. anderes	Plankton- Trockensubstanz in 100 l g	Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch
80	Eiswerder	280	—	0,053	3,78	60,71	gelbbraun schleimig
81	Spandau	260	—	0,117	5,67	62,90	gelbbraun flockig
82	Fürstenbrunn	330	Fabrikneubauten	0,300	9,44	65,41	schwarzbräunlich, mässig compact, mit einigen grünen schwimm. Algen.
83	Verbindungskanal	300	—	0,334	8,50	—	
84	Lutherbrücke	250	Stadt Berlin. Ufermauern	0,192	8,97	63,35	
85	Ebertsbrücke	320	»	0,236	8,97	59,20	
86	Oberbaumbrücke	280	—	0,213	10,89	61,95	
87	Eierhäuschen	300	—	0,115	6,61	63,93	
88	Spindlersfeld	320	Theilweise bebaut	0,038	1,89	70,00	
89	Müggelsee	über 400	—	0,018	0,94	63,16	gelb flockig

Mässiger Wind. Kein Regen, jedoch Tags zuvor. Wasserstand: Oberbaum·
temperatur 17°.

Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im Liter: bei d. Entnahme	Sauerstoff ccm im Liter: nach x Stund.	Anzahl der Keime pr. ccm: Gelatineplatte	Anzahl der Keime pr. ccm: Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
In der Spree vorwiegend Fadenformen, wenig Sternformen u. Polycyst. Im Landwehrkanal ein ähnliches Bild, jedoch finden sich mehr niedere Thiere (75, 77) und sehr viel todtes organisches Material.	5,12	x = 30 4,31	48 640		Spur	0	—	—
	5,13	—	47 860		deutl.	0	Sand	—
	3,58	—	20 480		stark	0	Verschmutzter Sand	—
	3,54	0,04	24 320		stark	0	Schwarze feste Massen mit Holzabfällen	—
	3,51	—	1 940		gering	0	Schwarze feste Massen	positiv
	4,14	—	2 750		gering	0	Unreiner Sand	—
	4,40	—	19 200		deutl.	0	Vorwiegend Sand	—

Geringer Wind. Kein Regen. Tags zuvor ein wenig Regen. Wasserstand:
Wassertemperatur 18,5°.

Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff: bei d. Entnahme	Sauerstoff: nach x Stund.	Gelatineplatte	Hesse's Nährbod.	Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
Fast reines Algenplankton (Melosira)	5,15	x = 27 4,51	Platten beim Transport zerstört.		Spur	0	Nicht berücksichtigt.	Nicht berücksichtigt.
In der Spree überwiegen im Plankton die Fadenformen (Melosira). Daneben spärlich Polycyst., Pediastr., Fragilaria, Asterionella u. verschied. Diatomeen. Wechselnde Detritusmengen.	4,69	3,40			»	0		
	4,62	3,73			deutl.	Spur		
	4,42	3,39			»	»		
	4,17	2,13			»	0		
	3,99	2,86			»	0		
	3,00	2,11			»	0		
	3,76	2,23			Spur	Spur		
	4,72	4,11			»	0		
	5,50	verloren			»	0		

XII. Fahrt. Am 28. Juli 1899. Lufttemp. 19°. Barometer 761,0. Zeitweise
stand: Oberbaumbrücke 32,24.

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit und anderes	Plankton- Trockensubstanz in 100 l g	Plankton- Volumen in 100 l ccm	Asche d. Planktontrockensubstanz in %
90	Treptower Park	240	—	0,213	Nicht bestimmt.	48,68
91	Oberbaumbrücke	250	—	0,153		46,91
92	Ebertsbrücke	280	—	enthält Sand		—
93	Lutherbrücke	280	—	0,206		49,54
94	Verbindungskanal	300	—	0,321		54,12
95	Fürstenbrunn	250	—	0,278		53,84
96	Spandau	270	—	0,153		61,73
97	Eiswerder	400	—	0,076	4,72	57,50
98	Tegeler See	ca. 600	—	0,090	3,78	28,42
98a	Tegeler See (aus 2 m Tiefe)	—	—	—	—	—
98b	Tegeler See (aus 3 m Tiefe)	—	—	—	—	—
XIII. Fahrt. 11. Aug. 1899. Lufttemp. 16,4°. Barometer 759,2. Bedeckt. Mässiger						
99	Eiswerder	über 400	—	2,804	18,32	53,28
100	Spandau	380	—	0,198	11,33	53,33
101	Charlottenburger Schleuse	250	—	0,274	6,92	57,24
102	Landwehrkanal (Thiergartenschleuse)	130	Viel Spreekähne	0,166	4,72	56,82
103	Landwehrkanal (Urbanhafen)	150	—	1,110	18,89	56,46
104	Eierhäuschen	220	—	enthält Sand	—	—
105	Spindlersfeld	250	—	0,119	6,92	47,62
106	Müggelsee	üb. 400	—	0,041	2,36	44,19
106a	Müggelsee (aus 2 m Tiefe)	—	—	—	—	—
106b	Müggelsee (aus 3 m Tiefe)	—	—	—	—	—
XIV. Fahrt. Am 9. December 1899. Lufttemp. — 1°. Barometer 762,6. Spreewasserstand. Oberbaum-						
107	Eiswerder	über 400	—	0,053	0,94	57,14
108	Spandau	270	—	0,036	1,43	52,63
109	Charlottenburger Schleuse	230	—	0,149	3,21	64,56
110	Lessingbrücke	235	—	verloren	—	—
111	Moltkebrücke	250	Stadt Berlin. Quaimauern	0,076	2,08	62,50
112	Ebertsbrücke	240	—	0,076	2,08	60,00
113	Waisenbrücke	380	Berlin. Ufermauern	0,081	2,36	58,14
114	Schillingsbrücke	180	—	0,049	1,89	53,85
115	Treptow	300	—	0,038	1,13	60,00

bedeckt, sonst sonnig. Etwas Wind. Tags zuvor ein wenig Regen. Wasser-
Wassertemperatur 21,5°.

Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im Liter: bei der Entnahme	Sauerstoff ccm im Liter: nach x Stunden	Anzahl der Keime pro ccm: Gelatineplatte	Anzahl der Keime pro ccm: Hesse's Nährboden	Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
			x=75						
schwarzgrün, mässig dicht gelagert	Siehe Zählung.	3,41	0,38	15 270	—	Spur	0	Nicht berücksichtigt.	spurenweis
		—	—	—	—	—	—		—
		3,19	1,04	3 370	—	Spur	0		—
		3,20	0,16	23 265	—	›	Spur		—
		3,21	0,10	24 600	—	deutl.	0		—
		2,62	0,04	100400	—	›	Spur		—
hell, gelbgrün, flockig, locker		4,30	1,27	1 190	—	Spur	›		—
		5,05	2,66	200	—	›	deutl.		—
		5,60	3,81	56	—	Spur	0		—
—		5,62	4,02	—	—	—	—		—
—		5,57	4,42	—	—	—	—		—

Wind. Etwas Regen. Wasserstand: Oberbaumbrücke 32,26. Wassertemp. 20°.

Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im Liter: bei der Entnahme	Sauerstoff ccm im Liter: nach x Stunden	Anzahl der Keime pro ccm: Gelatineplatte	Anzahl der Keime pro ccm: Hesse's Nährboden	Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
			x=46						
hell, gelb, grün, flockig	Siehe Zählung.	5,40	4,35	—	340	Spur	Spur	—	—
grünl. schwarz, ziemlich dicht, schwimmende grüne Algen		4,63	3,08	—	3 620	›	›	—	—
		3,43	1,47	—	14 660	deutl.	›	—	—
		1,55	0,37	—	10 400	›	0	weicher Schlamm	viel Gas
		2,58	0,51	—	20 100	Spur	0	Sonst nicht berücksichtigt.	—
hellgrün, locker		4,35	2,17	—	16 540	›	deutl.		—
		4,07	2,75	—	4 820	›	0		—
		4,63	4,21	—	476	›	Spur		—
—		4,79	4,43	—	—	—	—		—
—		4,78	4,01	—	—	—	—		—

Zeitweise bedeckt. Schwacher Wind. Kein Regen, auch nicht Tags zuvor.
brücke 32,26. Wassertemperatur 2°.

Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im Liter: bei der Entnahme	Sauerstoff ccm im Liter: nach x Stunden	Anzahl der Keime pro ccm: Gelatineplatte	Anzahl der Keime pro ccm: Hesse's Nährboden	Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
			x=48						
grauschwarz bis grünschwarz, fast überall dicht gelagert.	Siehe Zählung.	8,52	8,29	432	5 900	Spur	Spur	Wie 33	ger. Menge am Ufer
		7,98	7,52	860	2 000	›	0	Wie 32	—
		7,92	6,58	4 590	23 488	›	Spur	Wie 48	—
		7,99	7,48	8 074	24 288	›	0	Wie 31	stark
		8,03	7,49	9 082	32 338	›	Spur	Sand	negativ
		8,18	7,45	5 000	28 016	›	0	unrein. Sand	negativ
		8,09	7,53	5 830	11 033	›	0	unreiner Sandboden	—
		8,64	7,59	10 373	7 467	›	0	Wie 28	positiv
		8,22	7,27	11 818	19 988	›	0	vorwiegend Sand	—

XV. Fahrt. Rheinfahrt. Am 25. September 1899. Lufttemperatur 14,5°.
Regen. Tags zuvor auch Regen. Wasser-

Laufend. Nr.	Entnahmestelle	Tiefe in cm	Uferbeschaffenheit	Plankton- Trocken-substanz in 100 l g	Plankton- Volumen in 100 l ccm
116	Oberh. Marienburg, oberh. Köln	Nicht gemessen.	Ufer wenig besiedelt	Nicht bestimmt, weil sandhaltig.	Nicht bestimmt.
117	Mühlheimer Schiffbrücke		Stadt Köln		
118	Unterhalb des Stammsiels bei Niehl (Mitte)		Ausläufer der Stadt Köln		
119	* Ebenda (linke Stromseite)		—		
120	Oberhalb Wiesdorf		Chemische Fabrik		
121	Oberhalb Rheindorff (unterh. d. Wuppermündung) (Mitte)		Frei		
122	Ebenda (rechte Stromseite)		»		
123	Oberhalb Mohnheim		»		
124	Oberhalb Zons		»		
125	Oberhalb Vollmerswerth		»		

* Entnommen am 16. Februar 1900, vgl. Text.

und Kanalwasser beschickt war und unter Paraffinverschluss gehalten wurde, lieferte (ebenso wie Cyl. IV) ein deutliches Sediment. Stiess man den Cylinder an, so konnte man das Emporsteigen von Gasblasen aus dem Boden beobachten.

Die Schlammbankbildung ist eine Calamität für die Flüsse. Sie liefert eine sehr langlebige Quelle der Verunreinigung, selbst wenn andere schädliche Faktoren aufgehört haben zu wirken. Das Wasser laugt die durch Fäulnis entstandenen Stoffe aus und führt sie mit fort, jede etwas tiefer gehende Bewegung des Wassers (durch Dampfschiffe etc.) wirbelt die Massen auf und verunreinigt auch sichtbar den Fluss. Bei der Spree rühren die abgelagerten Massen sicher noch zum Theil aus der Zeit her, wo die Stadt ganz oder theilweise nach dem Strome zu entwässerte. Mit der Zeit, so ist anzunehmen, würde sich dieser Zustand bessern wenn nicht der starke Schiffsverkehr ein Hinderungsgrund wäre. Derselbe führt einerseits dem Wasser wieder viel fäulnissfähiges Material zu und rührt ferner die zu Boden gesunkenen Theile und

Barometer 747,0. Leichter Südwestwind. Anfangs bedeckt und starker stand + 1,92 Kölner Pegel. Wassertemp. 14°.

Asche d. Planktontrockensubstanz in %	Aussehen des Planktons makroskopisch	Aussehen des Planktons mikroskopisch	Sauerstoff ccm im Liter		Anzahl der Keime pro ccm		Ammoniak	Salpetrige Säure	Bodenprobe	Gas
			bei der Entnahme	nach x Stunden	Gelatineplatte	Hesse's Nährboden				
				x = 72						
—	Sandig, grau.	Siehe Zählung.	6,30	5,49	1 950	2 000	0	0	Grober und feinerer Kies, Geröll.	0
—			6,33	5,12	8 330	9 010	0	0		0
—			6,39	5,28	13 300	12 140	deutl.	0		0
—			7,63	0,00	—	—	—	—		0
—			6,72	5,47	—	3 690	Spur	Spur		0
—			6,36	5,08	1 450	8 520	›	0		0
—			6,18	2,71	—	—	—	—		0
—			6,65	5,20	2 470	6 830	Spur	Spur		0
—			6,69	5,07	2 730	7 140	›	Andeut.		0
—			6,67	5,18	3 650	4 720	›	deutl.		0

Schlammmassen immer von neuem auf. Erst eine gründliche Reinigung des Flussbodens durch Ausbaggerung könnte hier Hilfe schaffen.

Die Ausführung der vorliegenden Arbeit wäre nicht möglich gewesen, wenn nicht aus der Stiftung der Gräfin Louise Bose Geldmittel zur Bestreitung der Unkosten dem Verfasser zur Verfügung gestellt worden wären. Dem Curatorium der Stiftung möchte ich daher für die Bewilligung der Geldmittel, welche für Reisezwecke und Anschaffung von Apparaten verwendet wurden, an dieser Stelle meinen ganz besonderen Dank aussprechen.

Zu nicht minderem Danke aber bin ich Herrn Geheimrath Rubner verpflichtet, welcher mir nicht nur die Anregung zu der vorliegenden Arbeit gab, sondern deren Fortgang auch mit Interesse verfolgte und werthvolle Rathschläge und Hinweise mir in reichem Maasse hat zukommen lassen.

Ueber die Variabilität der Milchsäurebacterien mit Bezug auf die Gärungsfähigkeit.

Von

Dr. med. N. P. Schierbeck.

(Aus dem hygienischen Laboratorium der Kopenhagener Universität.)

Unsere Bestimmung der einzelnen Bacterienarten stützt sich hauptsächlich auf diejenigen Aeusserungen der Lebensthätigkeit der Bacterien, welche in unseren verschiedenen Nährsubstraten hervorgerufen werden. Wenn die Bacterien einer gewissen Variabilität in Betreff ihrer biologischen Eigenschaften unterworfen sind, so wird daher unsere Diagnose der einzelnen Bacterienarten hierdurch in hohem Grade erschwert werden können. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, hat die Frage nach der Variabilität der Bacterien ausser dem grossen theoretischen Interesse, das sie stets jedem Naturforscher darbieten wird, ganz besonderes Interesse für den Hygieniker, der sich fortwährend der Aufgabe gegenübergestellt sieht, den verschiedenen Bacterienarten in der äusseren Natur und unter Verhältnissen nachzuforschen, wo es denkbar ist, dass eine Variation, wenn solche überhaupt möglich, besonders auftreten kann.

Untersuchen wir nun näher, was bis jetzt zur Aufklärung der Variabilität der Bacterien in der Literatur vorliegt, so zeigt es sich bald, dass wir auf diesem Gebiete drei verschiedene Verhaltensarten auseinander halten müssen.

Es kann z. B. irgend eine Function mit grösserem oder geringerem Effect auftreten, je nach der Nährflüssigkeit, in welcher

die Bacterie gezüchtet wird. Der Effect kann ebenfalls durch Einwirkung eines schädlichen Faktors zeitweilig herabgesetzt werden, wenn dieser aber zu wirken aufgehört hat, schnell wieder bis zur ursprünglichen Grösse steigen. Diese beiden Formen der Variation sind so oft und so sicher auf so vielen Gebieten der Lebensfunctionen der Bacterienzelle nachgewiesen worden, dass ihr Vorkommen und ihre allgemeine Verbreitung keinen Zweifel mehr erleiden kann.

Anders dagegen mit Bezug auf die dritte und bedeutungsvollste Form der Variabilität, wo die durch äussere Einwirkung entstandene Erniedrigung oder Erhöhung einer Function sich Generationen hindurch unverändert erhält, nachdem die äussere Einwirkung aufgehört hat. Diese Form ist mit Sicherheit nur in Betreff einzelner Functionen, besonders hinsichtlich der Pathogenität und der Farbstoffbildung nachgewiesen worden. Was andere Functionen und namentlich die Gärungsfähigkeit betrifft, nehmen einige Forscher allerdings an, dass sie vorkommen kann, andere dagegen bestreiten dies.

Ueberhaupt liegen, sonderbar genug, nur sehr wenige Versuche über Variationen der Gärungsfähigkeit vor, obschon gerade das Studium dieser Function in mehreren Beziehungen für die Aufklärung der Begrenzung und der Natur der Variabilität weit grössere Vortheile bietet, als die Untersuchung der anderen Functionen, theils weil die physiologische Thätigkeit, um die es sich hier handelt, eine Wirkung hat, welche sich quantitativ ganz anders genau bestimmen lässt, und deren Nüancen man deshalb leichter zu verfolgen vermag, theils weil wir durch unsere Untersuchungen über die Gärungsfähigkeit der Frage gleichsam einen Schritt näher zu Leibe rücken, indem wir unseren Bakterienrassen hier denjenigen Nährstoff bieten können, welcher das adäquate Irritament der den Gegenstand unserer Untersuchungen bildenden Thätigkeit ist.

Wie angeführt, liegen indess nur sehr wenige Untersuchungen auf diesem Gebiete vor. In den verschiedenen Uebersichten über die Variabilitätsverhältnisse der Bacterien aus den letztne Jahren werden als Beweise einer andauernden Verminderung der

Gärungsfähigkeit der Bacterien eigentlich nur vier Arbeiten angeführt. Die eine derselben sind Grotenfeldt's[1]) Untersuchungen über die Milchsäurebacterien; die hier nachgewiesene Herabsetzung der Gärungsfähigkeit scheint jedoch nur rein vorübergehend zu sein, jedenfalls geht aus den veröffentlichten Versuchen nicht hervor, inwiefern die gefundene Abschwächung sich beim Impfen aus Milch auf Milch Generationen hindurch unverändert halten konnte. Zwei andere[2]) beziehen sich auf den Nachweis einer vermeintlich andauernden Abschwächung der Gärungsfähigkeit des Bacterium coli. Spätere Untersuchungen[3]) gaben indess keine Bestätigung derselben und C. O. Jensens[4]) umfassende und vorzügliche Untersuchungen über die Gärungen der Coliformen deuten ebensowenig auf die Wahrscheinlichkeit einer dauerhaften Variation in der Gärungsfähigkeit dieser Bacterien hin.

Zurück steht also nur die anhaltende Verminderung der Salpetersäuregärung, die unter gewissen Verhältnissen von Winogradsky in seinen Studien über die Salpetersäure bildenden Bacterien nachgewiesen wurde.

Dem Vorliegenden zufolge scheint also aller mögliche Grund vorhanden zu sein, die Frage nach der Variabilität der Gärungsfähigkeit zu erneuerter Untersuchung vorzunehmen, um hierdurch womöglich neue Thatsachen zur Aufklärung der Frage zu beschaffen: inwiefern sich eine Generationen hindurch fortgesetzte Variation der Gärungsfähigkeit der Bacterien im Allgemeinen auf experimentellem Wege hervorrufen lässt oder nicht.

Die folgenden Untersuchungen bezweckten nun die Lösung dieser Frage, wogegen ein Nachweis der näheren Gesetze für das Entstehen einer eventuellen Variation vorläufig ausserhalb des Rahmens der Versuche lag. Zu diesen Untersuchungen

---

1) Fortschritte der Medicin, 1889.

2) Rodet, De la variabilité. — Malvoz, Recherches bact. sur la fièvre typh.

3) Villinger, Archiv f. Hygiene, Bd. XXI.

4) Biol. Selskabs Forhandlinger (Verhandlungen der Biol. Gesellschaft Kopenhagen), 1897—98.

wählte ich die Milchsäurebacterien, weil die Wirkung der Gärung hier mittels einer einfachen Säuretitrirung so leicht zu bestimmen ist. Bevor diese Bacterien sich aber zum Studium der Variationen der Gärungsfähigkeit anwenden liessen, war vorerst der Verlauf der eigentlichen Gärung unter verschiedenen Verhältnissen etwas näher zu untersuchen, und ich muss deshalb mit einer Auseinandersetzung der zu diesem Zwecke angestellten Untersuchungen beginnen.

Das Milchsäurebacterium, mit welchem ich arbeitete, wurde aus spontan coagulirter Milch isolirt. In allen verschiedenen Milchproben, die ich zu verschiedenen Zeiten des Jahres hier in Kopenhagen untersuchte, fand ich stets einen kleinen, kurzen Bacillus, der wegen seiner starken Gärungsfähigkeit und seines zahlreichen Erscheinens in der coagulirten Milch wohl zunächst als das wesentlichste Milchsäurebacterium am hiesigen Platze anzusehen war.

Morphologisch betrachtet, erweist dieses sich, wie gesagt, als ein kurzer, ovaler Bacillus, der unbeweglich und, auch nach Gram's Methode, leicht zu färben ist. Auf der Oberfläche des Zuckeragars bildet es gewöhnlich Ketten von 3 bis 5, ja noch mehr Gliedern und bringt in Präparaten hiervon stark eine längliche Streptococcusform ins Gedächtnis, wie es auch auf unseren üblichen Nährsubstanzen ein Wachsthum zeigt, das dem der Streptococcen sehr ähnlich ist.

Auf Gelatine und auf der Agarplatte erhält man nur unbedeutende punktförmige Colonien.

Auf Zuckeragar gedeiht der Bacillus vorzüglich. Am ersten bis zweiten Tage nach der Impfung kommen in der Tiefe kleine, runde, spindelförmige, gelbliche, dichtstehende, granulirte Colonien von der Grösse eines Stecknadelkopfes hervor, und an der Oberfläche kleine, rundliche, feuchte Colonien, oft mit eingekerbtem Rande und bei durchfallendem Lichte mit bläulichem, fluorescirenden Schimmer.

In Gelatinestichen erhält man keine Cultur an der Oberfläche und in Agarstichen nur Spuren einer solchen. Längs des Stichcanals erhält man dagegen in beiden Substraten ganz

gute, strichförmige Cultur, die sich nach unten in Coloniecultur auflöst.

In Bouillon erhält man nur spärliche Cultur am Boden des Glases. In gewöhnlicher Bouillon wachsen die Bacterien nur bis ca. 30°, und bei einigen und dreissig Grad sterben sogar die gesäeten Bacterien im Laufe von zwei Tagen aus. Wird derselben Bouillon aber Milch- oder Traubenzucker zugesetzt, so gedeihen die Bacterien vorzüglich, sogar bis ca. 42°. Es erweist sich also, dass der Nährboden für die Beurtheilung der maximalen Temperatur der Bacterien von sehr grosser Bedeutung werden kann, ein Verhalten, das bisher die Aufmerksamkeit nur sehr wenig auf sich gelenkt hat. Zugleich ist das Nachgewiesene ein ganz gut erhellendes Beispiel, welche Bedeutung ein einzelner Nährstoff für die Widerstandskraft eines Organismus gegen eine schädliche Einwirkung zu haben vermag.

In Milch gesäet bewirken diese Bacterien nun eine Säurebildung und nach Verlauf von ca. 24 Stunden bei ca. 30° die Entwickelung eines weichen, weissen Coagulums ohne Luftbläschen und ohne Molkenausscheidung. In ihrem Aeusseren und im Verhalten ihres Wachsthums sind diese Bacterien also den von Thierfelder und Günther in der Berliner Milch vorgefundenen, wie auch mehreren der von Storch und Jensen beschriebenen Formen sehr ähnlich.

Wir werden nun die Grösse und den Verlauf der von diesen Bacterien in der Milch erzeugten Milchsäuregärung unter verschiedenen Verhältnissen näher untersuchen. Als Maassstab kann hierbei die in der Milch gebildete Milchsäure benutzt werden, die sich mittels Titrirung mit $^{1}/_{10}$ n. Natron leicht bestimmen lässt. Der Säuregrad wird im Folgenden überall als ccm · $^{1}/_{10}$ n · N. ausgedrückt, das zur Sättigung von 100 ccm Milch mit Phenolphtaleïn als Indicator angewandt wurde. In frischer Milch findet man den Säuregrad auf diese Weise ausgedrückt = 15—16.

Die hier besprochenen Milchsäurebacterien rufen nun, in Milch gesäet, in dieser eine Säurebildung hervor, die in Betreff

ihres Verlaufs je nach der Temperatur, in welcher die Milch steht, sehr verschieden ist, wie sich z. B. für die Temperaturen 35° und 28° aus folgender Tabelle I und Curve I ersehen lässt.

Tabelle I.

Stunden nach Impfung	Säuregrad der Milch bei	
	35°	28°
0	15	15
5	17	16
7	20	17
10	41	22
11	56	28
13	66	44
15	75	64
25	84	88
32	87	96
48	88	101

Curve I.

Betrachten wir nun den Verlauf der Gärungscurve z. B. bei 35°, so zeigt uns diese, dass der Säuregrad während der ersten 2 bis 3 Stunden unverändert bleibt, darauf zu steigen anfängt, und zwar stark bis zur 15. Stunde, hierauf langsamer bis ungefähr zur 36. Stunde, wo das Maximum der Säurebildung so ziemlich erreicht ist. Darauf hält die Curve sich nämlich der Abscissenachse sozusagen parallel. Ist ein gewisser, für jede Temperatur bestimmter Säuregrad erreicht, bei 35° z. B. 88 bis 90, so hört die Gärung auf, wahrscheinlich weil die Bacterien nun nicht mehr im Stande sind, die schädliche Einwirkung der gebildeten Säuren zu überwinden. Bei 35° tritt die spontane Coagulirung der Milch um die 11. bis 12. Stunde ein, wo der Säuregrad ca. 58 bis 60 ist. Wie aus der Curve hervorgeht, verfliessen einige Stunden, bis die Säurebildung beginnt. Dieses Stadium wurde bereits von Plaut[1]) nachgewiesen und von ihm das Incubationsstadium genannt.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV.

Bei allen anderen Temperaturen fand ich nun dieses Stadium von längerer Dauer als bei 35°. Die Gärung beginnt später und schreitet zugleich langsamer fort. Bei Temperaturen unter 35° erreicht sie dagegen eine absolut grössere Höhe, bei 28° z. B. ca. 101, bei 18° ca. 110, diese Maxima werden aber erst später erreicht, bei 28° z. B. erst in der 48. Stunde, bei 18° erst am sechsten Tage. Bei allen Temperaturen über 35°, die den Bacterien noch Wachsthum gestatten, verläuft die Gärung ebenfalls langsamer, und das Maximum der Säure ist hier niedriger als bei 35°. Das Temperaturoptimum dieser Milchsäurebacterien liegt also rücksichtlich der Geschwindigkeit, mit welcher die Gärung verläuft, bei ca. 35°.

Curve II.

Tabelle II.
Säuregrad der Milch nach Verlauf von 2 Tagen.

Temperatur	Säuregrad
12	22
15	50
18	73
22	89
25	98
26	100
28	102
30	101
31	99
35	88
37	81
44	38

Mit Bezug auf die absolute, von der Gärung erreichte Grösse wird man dagegen, je nach der Zeit im Verlaufe der Gärung, wo die Untersuchung angestellt wird, ein verschiedenes Temperaturoptimum finden. Untersucht man z. B. nach Verlauf von zwei Tagen, so findet man untenstehende Säuregrade (Tab. II) als Ausdruck für die Grösse der Gärung bei den verschiedenen Temperaturen, und das Optimum liegt hier bei 28°. Werden diese Werthe graphisch gezeichnet, so erhält man untenstehende regelmässige Curve dritten Grades (Curve II). Findet die Unter-

suchung dagegen schon um die 15. Stunde statt, so fällt das hier besprochene Optimum mit dem Geschwindigkeitsoptimum zusammen, geschieht sie dagegen erst am 6. Tage, so liegt es um 18° herum, und bei dieser Temperatur erreicht die Gärung überhaupt ihre grösste Höhe. Bei niedrigeren Temperaturen, wo ein noch höherer Säuregrad zu ertragen sein sollte, steigt die Gärung dennoch nicht höher als bei 18° vermuthlich weil die Gärungsenergie der Bacterien bei diesen niedrigen Temperaturen eine äusserst geringe ist.

Jeder einzelnen Temperatur innerhalb der Wachsthumszone der Bacterien entsprechend, findet sich also ein ganz bestimmter Verlauf der Gärung, und ein bestimmtes Maximum der Gärung, das nach Verlauf einer bestimmten Zeit erreicht wird. Wir müssen ferner bei den Milchsäurebacterien ein Temperaturoptimum in Betreff der Geschwindigkeit der Gärung von einem anderen Optimum in Betreff der absoluten, von der Gärung erreichten Grösse unterscheiden. Die verschiedenen, in der Literatur vorliegenden Angaben der Temperaturoptima der Milchsäurebacterien, die bald auf ca. 28°, bald auf ca. 35° lauten, brauchen daher nicht zu bedeuten, dass es sich hier um verschiedene Arten der Milchsäurebacterien gehandelt habe; sie können von dem Umstand allein herrühren, dass das Temperaturoptimum bald durch die Grösse der Gärung nach Verlauf einer gewissen Zeit, bald durch die Geschwindigkeit, mit der die Coagulirung der Milch eintrat, bestimmt wurde.

Die nächste Frage, deren Aufklärung für die späteren Untersuchungen der Variabilität wünschenswerth war, musste nun die werden, inwiefern diese, den einzelnen Temperaturen entsprechende Grösse der Gärung nach wiederholten Verimpfungen in Milch bei der nämlichen Temperatur unverändert bleiben würde. Es erwies sich, dass dies der Fall war. Werden z. B. bei 35° eine Reihe von Culturen durch tägliche Verimpfung aus Milch in Milch angelegt und diese Milchproben nach Verlauf von ca. 2 Tagen untersucht, wenn die Gärung also abgelaufen ist, so findet man den Säuregrad aller Proben gleich gross. War der Säuregrad der 1. Cultur z. B. 88, so findet man in der ganzen

Reihe nur Schwankungen zwischen 86 und 89. Bei 28° findet man auf dieselbe Weise einen Säuregrad von ca. 102, bei 37° von ca. 81 in allen Proben u. s. w. Bei 28° und 35° wurde diese Untersuchung Monate hindurch fortgesetzt, ohne dass die geringste Veränderung des Gärungsgrades zu bemerken war.

Hieraus folgt nun:

1. dass die Gärungsfähigkeit der hier besprochenen Milchsäurebacterien sich mittels des Säuregrades messen lässt, der nach Verlauf einer gewissen Zeit in Milch, die bei einer gewissen Temperatur erhalten wurde, hervorgerufen worden ist, und dass
2. man sowohl eine mittlerweilige als eine andauernde Variation der Gärungsfähigkeit der Bacterien wird nachweisen können, wenn man den Säuregrad einer Reihe successiv geimpfter Milchproben untersucht, die bei einer bestimmten Temperatur erhalten werden, und die man sowohl bevor als nachdem der Faktor, dessen Einfluss man zu beobachten wünscht, auf die Bacterien gewirkt hat, nach Verlauf des gleich grossen Zeitraums untersucht. Aus den Versuchen geht ferner hervor, dass
3. die zweckmässigste Temperatur und der zweckmässigste Zeitpunkt für die Untersuchungen 35° und der zweite Tag sein werden.

Die hier als Beispiele angeführten Säuregrade bei den verschiedenen Temperaturen beziehen sich auf diejenige der isolirten Formen, mit der im Folgenden besonders gearbeitet wurde. Man kann indess sowohl aus der nämlichen als aus verschiedenen spontan coagulirten Milchproben Milchsäurebacterien isoliren, welche ganz dieselben morphologischen und culturellen Eigenthümlichkeiten darbieten wie die oben beschriebenen Bacterien, denen sie ebenfalls hinsichtlich der relativen Grösse und des Verlaufes der Gärung bei den verschiedenen Temperaturen, dagegen nicht hinsichtlich der absoluten Grösse der Gärung gleichen. Letztere wird bald niedriger, bald, wenn auch seltener, höher befunden.

Isoliren wir z. B. eine Reihe von Milchsäurebacterien aus einer und derselben Milchprobe und impfen sie auf sterile Milch, die bei 35° steht, so können wir finden, dass alle geimpften Milchproben nach Verlauf von 2 Tagen einen und denselben Säuregrad, entweder wie oben 88—90 oder auch einen anderen Säuregrad von ca. 50 an bis 100 besitzen, wir können aber auch finden, dass einige den Säuregrad 88, andere z. B. 80, wieder andere 75 u. s. w. haben. Einige der Milchproben mit den niedrigsten Säuregraden unterscheiden sich vielleicht wieder dadurch von einander, dass der Säuregrad in ihnen allen zwar der gleiche ist, nach Verlauf von 2 Tagen z. B. 65, dass aber die Gärungsintensität sich dennoch verschieden erweist, indem einige dieser Proben nach Verlauf eines einzelnen Tages, andere dagegen erst im Laufe des zweiten Tages coagulirten. Bei fortgesetzter Cultur dieser verschiedenen, weniger stark gärenden Bacterien aus Milch auf Milch tritt nun einer von zwei Fällen ein: entweder steigt der Säuregrad schon bei der zweiten, spätestens dritten Impfung bis zu einer gewissen grösseren Höhe, gewöhnlich ca. 88—90, und hält sich dann unverändert, wodurch diese Bacterien sich als nur relativ geschwächte Formen erweisen oder auch setzt sich der Säuregrad unverändert niedrig eine lange Reihe von Generationen hindurch fort, d. h. solange er jedesmal verfolgt wurde, mit Bezug auf einzelne Formen durch ca. 70 Impfungen hindurch. Da nun alle diese Bacterien sich in ihrem morphologischen und übrigen culturellen Verhalten ganz gleich stellen, liegt die Annahme nahe, dass wir hier mit naturgemäss entstandenen Rassen desselben Bacteriums zu schaffen haben. Diese Annahme wird ferner dadurch gestützt, dass es ein paar Mal geschah, dass ganz ähnliches Verhalten bei Culturen von einzelnen Individuen derselben Colonie gefunden wurde. Als Beispiel hiervon mag folgende Beobachtung angeführt werden:

Aus einer spontan coagulirten Milchprobe wurden eine Reihe Milchculturen angelegt, welche alle nach Verlauf von 2 Tagen einen Säuregrad von ca. 90 zeigten. Aus der zehnten Cultur wurde auf Zuckerbouillon geimpft und nach Verlauf von

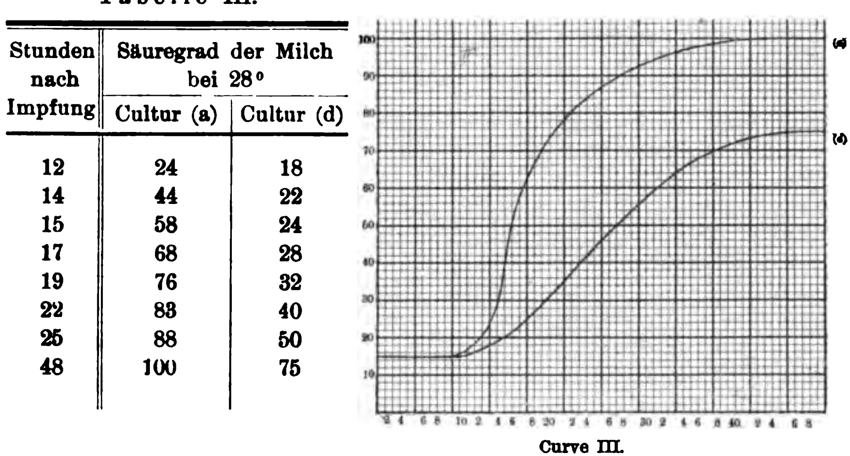
ca. 12 Stunden wurde aus dieser auf Platten vertheilt. Hier, wie überhaupt bei allen in dieser Arbeit vorkommenden Plattenvertheilungen, wurden stets eine oder mehrere Zuckerbouillonculturen eingeschaltet, aus denen dann die Plattenvertheilung geschah, während die Cultur noch ganz jung war, z. B. 12 Stunden alt, da es sich aus leicht verständlichen Gründen unmöglich zeigte, durch directe Vertheilung aus Milch mit Sicherheit Reinculturen zu erhalten. Unter den durch genannte Plattenvertheilung gewonnenen Colonien von Milchsäurebacterien zeigte der grösste Theil sich im Stande, Milch bis zu einem Säuregrade von ca. 75 bei 35° zu vergären. Eine einzelne vergärte die Milch bis 90, und diese Gärungsgrade hielten sich unverändert die zehn Generationen hindurch, durch die sie verfolgt wurden. Aus der zehnten Impfung der Form, welche die Milch bis 90 vergärte, wurde wieder durch Zuckerbouillon hindurch Vertheilung unternommen. Unter den solchergestalt gewonnenen Colonien wurden 20 untersucht, und unter diesen fand man 1 (a), welche die Milch bis 90 vergärte, 16 (b), die bis 75 vergärten, alle mit Coagulirung am ersten Tage, 2 (c), die bis 69—70 vergärten, ebenfalls mit Coagulirung am ersten Tage, und 1 (d), die bis 66 vergärte, mit erst am zweiten Tage eintretender Coagulirung. Bei fortgesetzter Impfung auf Milch hielten sich diese Gärungsgrade constant die zehn untersuchten Culturen hindurch. Es wurde nun wieder Plattenvertheilung aus der Form (a), aus 2 der Formen (b) und aus (d) unternommen. Es erwies sich, dass alle, d. h. 20 untersuchte aus (d) gewonnenen Colonien die Milch ebenso vergärten wie die Mutterform. Dasselbe galt von den Colonien aus einer der Formen (b), während unter den Colonien aus der anderen der Formen (b) eine einzelne Colonie wie (d) befunden wurde, und unter den Colonien aus (a) erwies sich 1 wie (a), 14 wie (b), 3 wie (c) und 2 wie (d). Da es hier nicht beabsichtigt war, die Gesetze für das Erscheinen der Variationen ausfindig zu machen, wurde die Sache nicht weiter verfolgt, während dagegen die drei erschienenen Formen (a), (b) und (d) in untengenannten Beziehungen etwas näher untersucht wurden. Durch Vertheilung auf Platten wurde die Lebhaftigkeit

des Wachsthums der drei Culturen bestimmt, und es ergab sich nach Verlauf von 1 Tage für:

(a) eine Vermehrung um 4300 Mal
(b) » » » 3400 »
(d) » » » 2900 »

Dem niedrigeren Gärungsgrade entspricht also eine geringere Lebhaftigkeit des Wachsthums, wie auch ein relativ langsamerer Verlauf der Gärung, was aus der Tabelle und Curve III hervorgeht, welche den Verlauf der Gärung bei 28° in den Formen (a) und (d) wiedergeben. Dies

Tabelle III.



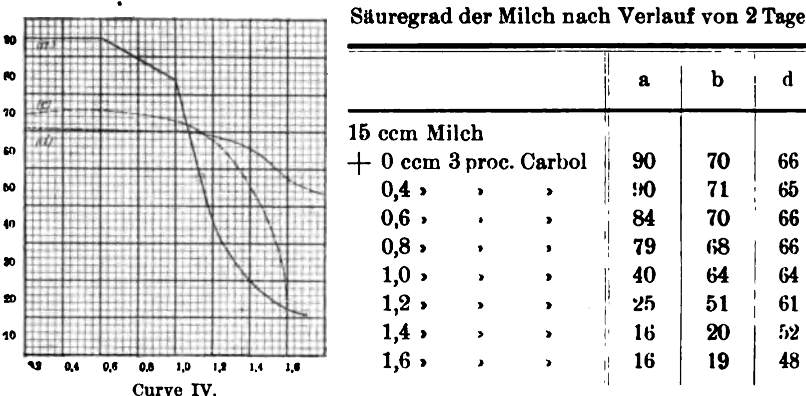
Stunden nach Impfung	Säuregrad der Milch bei 28°	
	Cultur (a)	Cultur (d)
12	24	18
14	44	22
15	58	24
17	68	28
19	76	32
22	83	40
25	88	50
48	100	75

Curve III.

ist mit der Auffassung der weniger stark gärenden Culturen als abgeschwächter Formen von (a) übereinstimmend.

Die grössere Lebhaftigkeit des Wachsthums von (a) scheint dagegen nur schlecht damit übereinzustimmen, dass wir unter den untersuchten Colonien diese Form verhältnismässig so selten antrafen. Man sollte ja glauben, dass, wenn diese Form sich weit schneller vermehrt als die schwächer gärenden, auch die wie hier nach zwölfstündigem Wachsthum gewonnenen Colonien häufiger stark gärend zu finden wären, als dies der Fall war. Dass die stark gärende Form im Gegentheil verhältnismässig seltener angetroffen wurde, scheint sich zunächst nur dadurch

erklären zu lassen, dass diese Form grössere Empfänglichkeit für gewisse äussere Einwirkungen besitzt. Um eine derartige grössere Empfänglichkeit für oder geringere Widerstandskraft gegen äussere Faktoren zu constatiren, wurden die Formen (a), (c) und (d) auf Milch mit Zusatz verschiedener Mengen einer 3proc. Carbollösung cultivirt. Das Resultat hiervon ist in der Tabelle und Curve IV wiedergegeben, aus denen hervorgeht, dass der grösseren Gärungsfähigkeit parallel geringere Widerstandskraft gegen gewisse äussere Einwirkungen, hier das Carbol, gefunden wird, während die Formen mit der abgeschwächten Gärungsfähigkeit und der herabgesetzten



Curve IV.

Tabelle IV.

Säuregrad der Milch nach Verlauf von 2 Tagen

	a	b	d
15 ccm Milch			
+ 0 ccm 3 proc. Carbol	90	70	66
0,4 » » »	90	71	65
0,6 » » »	84	70	66
0,8 » » »	79	68	66
1,0 » » »	40	64	64
1,2 » » »	25	51	61
1,4 » » »	16	20	52
1,6 » » »	16	19	48

Energie des Wachsthums grössere Widerstandskraft gegen dieselbe schädliche Einwirkung besitzen.

Nach diesen vorbereitenden Untersuchungen über das biologische Verhalten der Milchsäurebacterien schreiten wir nun zur näheren Erörterung der Versuche, die angestellt wurden, um womöglich auf experimentellem Wege eine Variation des Gärungsvermögens dieser Bacterien hervorzurufen. Bei einer derartigen Untersuchung kommt es vor allen Dingen darauf an, zum Ausgangspunkt eine völlig homogene Cultur zu wählen, d. i. eine Reincultur, deren einzelne Colonien in der Plattencultur alle dieselbe Intensität der Gärung viele Impfungen hindurch zeigen. Hierzu wählte ich die am stärksten gärende der

häufigst vorkommenden Formen, also die, welche nach Verlauf von 2 Tagen bei 35° einen Säuregrad der Milch von ca. 90 ergab. Ein paar Mal wurde diese Form, wie oben erwähnt, in einem natürlichen, nicht homogenen Zustande isolirt, gewöhnlich wurden die isolirten Culturen indes völlig homogen befunden, jedenfalls nach wenigen Impfungen auf Milch.

Es erwies sich nun als sehr leicht, bei dieser Form, wie übrigens bei allen anderen untersuchten Formen, eine ähnliche vorübergehende Herabsetzung des Gärungsvermögens wie die so oft vorher nachgewiesene hervorzurufen, eine Herabsetzung also, die sich nach 1 bis 2 Impfungen auf Milch sogleich wieder verliert. Eine solche relative Abschwächung des Gärungsvermögens trat stets in einem gewissen Stadium aller alten Culturen sowohl in Milch als in Gelatine und Bouillon auf. Sie trat um so schneller ein, in je höherer Temperatur die Culturen standen, und beruht unzweifelhaft, wie auch von Jensen und Storch angegeben, auf einer durch die gebildeten Stoffwechselproducte bewirkten Abschwächung der Cultur.

Um nun womöglich eine andauernde Herabsetzung des Gärungsvermögens hervorzubringen, wurde erst die Wirkung einer längere Zeit hindurch fortgesetzten Cultivirung auf zuckerfreiem Substrat wie Cibils-Bouillon oder Cibils-Gelatine versucht in der Absicht, die Bacterien hierdurch an ein Leben ohne Gärungsthätigkeit zu gewöhnen. Das Gärungsvermögen wurde jedoch nicht im Geringsten hierdurch beeinflusst, jedenfalls nicht im Verlaufe der 3 Monate, während der die Versuche angestellt wurden. Nach Verlauf dieser Zeit mit im Ganzen 100 Impfungen gaben die Bacterien, auf Milch geimpft, nämlich sogleich bei der ersten Milchprobe genau dieselbe Gärung wie vorher.

Unter den Mitteln, die sich bei anderen Untersuchungen als besonders geeignet erwiesen, Variationen der biologischen Eigenschaften der Bacterien hervorzurufen, sind namentlich schwache Carbolsäurelösungen zu nennen, und ich versuchte deshalb auf diesem Wege, durch Cultivirung auf carbolisirter Milch, auf das Gärungsvermögen zu influiren. Zuerst wurde die Gärung

der angewandten Cultur in Milch mit Zusatz verschiedener Mengen Carbols untersucht. Das Resultat war folgendes:

15 ccm Milch plus ccm einer 3proc. Carbollösung	Säuregrad nach 2 Tagen
0	90
0,4	88
0,6	84
0,8	76
1,0	55
1,2	32
1,4	22
1,6	17
1,8	15.

Nach dieser Anleitung wurden 0,9 ccm einer 3proc. Carbollösung zu 15 ccm Milch als für eine fortgesetzte Culturflüssigkeit geeignete Concentration gewählt. Die Cultivirung geschah bei 35° und mit täglichen Impfungen aus Carbol-Milch auf Carbol-Milch. Der Säuregrad wurde wie gewöhnlich am zweiten Tage untersucht. Das Resultat dieser Versuche ist aus der schematischen Uebersicht auf S. 309 zu ersehen.

Der Gärungsgrad der ursprünglichen Cultur wurde fortwährend in parallel laufenden Proben derselben Milch untersucht, die zur Impfung aus der Carbol-Milch angewandt wurde, und ergab stets die gleiche Grösse von ca. 90.

Aus der Carbolcultur wurden dann und wann Impfungen durch Zuckerbouillon hindurch unternommen und die durch Platten isolirten Colonien untersucht. Es erwies sich hierdurch, dass die ursprüngliche homogene Cultur (homogen in dem Sinne, dass alle in drei successiven Plattenculturen untersuchten Colonien, im Ganzen 60, die gleiche Gärung von ca. 90 zeigten) diese Homogenität bald verlor, indem nach und nach immer mehr Colonien niedrigere Gärungsgrade ergaben, und auf diesem Wege, also durch Aussonderung der einzelnen Individuen, gelangte man zu ganz ähnlichen constant abgeschwächten Formen

(Fortsetzung des Textes auf S. 310.)

Schematische Uebersicht zu Seite 134.

Ursprüngl. Cultur bei 35°. — Säuregrad am 2. Tage = 90.

10 Culturen auf Carbol-Milch.
Durchschnittl. Acidität = 67.

10 Culturen auf Carbol-Milch.
Durchschnittl. Acidität = 60.

- Auf gewöhnl. Milch **von d. 10. Cultur an,** 1. Cultur = 75, 2. Cultur = 90.

10 Culturen auf Carbol-Milch.
Durchschnittl. Acidität = 59.

- Auf gewöhnl. Milch **von d. 20. Cultur an,** 1. Cultur = 74, steigt im Laufe von 15 Culturen bis 80, bleibt in den folgenden 15 Culturen, d. i. so lange die Untersuchung dauerte, bei 80 stehen.

15 Culturen auf Carbol-Milch.
Durchschnittl. Acidität = 60.

- Auf gewöhnl. Milch **von d. 30. Cultur an,** 1. Cultur = 65, wird 20 Culturen hindurch verfolgt und bleibt bei 65 stehen.
- Auf gewöhnl. Milch **von d. 45. Cultur an,** 1. Cultur = 65, wird 50 Culturen hindurch verfolgt und bleibt bei 65 stehen.

wie oben in den Masseculturen, nur in einem viel früheren Stadium. Während so die dritte Cultur noch wesentlich homogen war, fand die Homogenität sich schon in der 6. Cultur unterbrochen. Unter 10 untersuchten Colonien aus einer Impfung aus dieser gärten 6 wie die ursprüngliche, 1 erwies sich als vorübergehend abgeschwächt, 3 als relativ constant abgeschwächt mit einem 10 Impfungen hindurch verfolgten unveränderten Gärungsgrad von 80. In der 20. Carbol-Cultur fand sich unter 10 Colonien keine mehr so wie die ursprüngliche, nämlich 7 mit einem Gärungsgrad von ca. 80, 3 mit ca. 72, alle constant 10 Impfungen hindurch. In der 35. Carbol-Cultur traten mehrere Colonien mit einem Gärungsgrad von nur 49—50 auf, und in diesen Culturen coagulirte die Milch nicht. Hätte man also nur die Coagulirung der Milch zum Kriterium der Gärung gehabt, so würde man dieser Form alles Gärungsvermögen abgesprochen haben.

Obenstehende schematische Uebersicht, wie auch das Resultat der Impfungen, sind hier als Beispiele der angestellten Versuche angeführt, die alle ein ganz gleichartiges Resultat gaben.

Durch diese Cultivirung auf Carbol-Milch gelang es uns also, neue Culturen zu erzeugen, die bei fernerer Cultivirung auf gewöhnlicher Milch in dieser sehr voneinander abweichende Gärungsgrade hervorrufen, die niedriger sind als die der ursprünglichen Cultur, und die sich eine lange Reihe von Generationen hindurch constant erhalten. Zugleich verhalten diese Culturen sich mit Bezug auf ihr mikroskopisches Aussehen und die Bedingungen ihres Wachsthums auf Bouillon, Gelatine, Agar und Kartoffeln völlig auf gleiche Weise. Parallel mit der nachgewiesenen Herabsetzung des Gärungsvermögens fand sich zugleich eine Verminderung der Vermehrungsenergie der Bacterien, dagegen aber eine Zunahme ihrer Widerstandskraft gegen gewisse äussere Einwirkungen, wie z. B. Carbol. Diese, auf experimentellem Wege hervorgebrachten Culturen entsprechen also durchaus den in der Natur in spontan coagulirter Milch vorgefundenen.

Wir fanden hier also rücksichtlich der Milchsäurebacterien ganz ähnliche Verhältnisse wie die früher hinsichtlich der Farbstoffbildung und der Virulenz nachgewiesenen, nämlich eine auf äussere Einwirkung entstandene Variation, die sich viele Generationen hindurch constant erhält.

Wie haben wir uns nun dieses Verhalten zu erklären? Die früher vorgefundenen Variationen der Farbstoffbildung und der Virulenz sind auf zweifache Weise aufgefasst worden. Man hat gemeint, es liege hier eine Art innerer Umstimmung der Bacterienzelle vor, wodurch das Vermögen, Farbstoff hervorzubringen oder Krankheit zu erzeugen, verloren gegangen war — eine Umstimmung, die durch die äussere Einwirkung hervorgerufen sei und sich constant erhalte, indem sie von Generation auf Generation vererbt werde. Namentlich die Versuche über die Variationen der Farbstoffbildung hat man häufig zu einem unserer wenigen Beweise des erblichen, auf experimentellem Wege hervorgerufenen Verlustes einer Function angewandt. Andere dagegen behaupteten, wir hätten hier keine wirkliche Rassenbildung, sondern nur eine gewöhnliche Abschwächung der Bacterienzelle vor uns, die sich unter günstigen äusseren Lebensbedingungen verlieren würde.

Die hier angestellten Gärungsversuche stützen letztere Ansicht von einer gewöhnlichen Abschwächung als Ursache der Erscheinung insofern, als wir dem geringeren Gärungsvermögen parallel eine geringere Energie des Wachtsthums und einen langsameren Verlauf der Gärung fanden. Wie sollen wir uns aber erklären, dass diese Abschwächung sich durch die hier unternommene, oft lange Reihe von Impfungen hindurch unverändert erhält, sowohl bei der für die Gärung günstigsten Temperatur, wie auch auf einem Nährsubstrat, das den der Gärung entsprechenden Nährstoff enthält und ausserdem zugleich für eine gewöhnlich überhaupt vorzügliche Nährflüssigkeit angesehen wird? Haben wir hier nicht wirklich neue Rassen mit dem andauernden oder einstweiligen Verluste des Vermögens, Säure in demselben Umfang wie ursprünglich zu bilden, oder rührt die Erscheinung davon her, dass dieses Vermögen, nachdem die

Bacterienzelle eine allgemeine Schwächung erlitten hat, unter den Verhältnissen, unter denen wir die Bacterien cultiviren, in der Milch also, von der alsdann anzunehmen wäre, dass sie irgend einen schädlichen Faktor enthielte, nicht zur Entwickelung gelangen kann?

In Betreff der Farbstoffbildung und der Virulenz wissen wir nur sehr wenig über das Verhalten unserer Nährsubstrate zur bezüglichen Function, und selbst bei der Gärung können wir die Gegenwart irgend eines schädlichen Faktors in der Milch keineswegs von vornherein ausschliessen, wenn diese Flüssigkeit auch als ein besonders guter Nährboden zu betrachten scheint.

Um zu erfahren, inwiefern die Gegenwart eines gärungshemmenden Faktors in der Nährflüssigkeit überhaupt im Stande sei, die einmal entstandene Abschwächung des Gärungsvermögens ferner zu unterhalten, so dass die Gärung Generationen hindurch auf constanter Höhe gehalten wird, wurden parallel gehende Cultivirungen der ursprünglichen Form und einer in einer alten Cultur entstandenen, relativ abgeschwächten Form auf Milch mit gleich grossem Zusatze von Carbol unternommen. Als Beispiel des Ergebnisses dieser Versuche sei Folgendes genannt:

Säuregrad am 2. Tage in Carbol-Milch (15 ccm + 0,5 ccm Carbollösung) bei 35°.

	ungeschwächte Form	relativ abgeschwächte Form
Durchschnitt der ersten 10 Culturen .	80	71
» » folgenden 10 Culturen	77	58
» » » 10 »	68	56
» » » 10 »	66	47
» » » 10 »	67	48
» » » 10 »	66	48

Nach der sechzigsten Carbolcultur wurde aus beiden Reihen auf gewöhnliche Milch geimpft und nach wenigen Umimpfungen stieg die Gärung nun bis 90.

Hier haben wir also eine relativ abgeschwächte Form — d. h. eine Form, die in gewöhnlicher Milch cultivirt nach 1 bis bis 2 Impfungen die Milch ganz wie die ursprüngliche Cultur

vergärt und mithin gewiss nicht im Besitz eines andauernden Verlustes des Gärungsvermögens ist — die auf dieselbe leicht carbolhaltige Milch wie die ursprüngliche Cultur geimpft eine viele Generationen hindurch andauernde niedrige und in den letzten 30 Impfungen völlig constante Gärung zeigt. Diese beiden Parallelculturen bieten also ganz das Bild einer Rassenentstehung, ähnlich wie oben, dar, und *die Gegenwart eines gärungshemmenden Faktors im Nährsubstrat wird also sehr wohl die Ursache sein können, weshalb die einmal entstandene Abschwächung des Gärungsvermögens der Bacterienzelle sich Generationen hindurch unverändert erhält, ohne dass dieses auf einem andauernden Verlust des Gärungsvermögens beruht.*

Findet sich nun in der gewöhnlichen Milch ein derartiges, gärungshemmendes Moment? Hierüber geben die beiden folgenden Beobachtungen uns Aufschluss.

Eine der schwach gährenden Culturen, nach Cultivirung in Carbol-Milch entstanden, hatte ca. 30 Culturen hindurch in gewöhnlicher Milch ohne Carbol einen Gärungsgrad von ca. 64 gezeigt. Von der dreissigsten Cultur an wurden zwei parallellaufende Reihen von Impfungen unternommen, die eine auf frisch eingekaufte, sterilisirte Milch, die andere auf Milch, welche ein paar Monate lang in sterilem Zustande gestanden hatte und welche vor dem Versuche auf's Neue autoclavirt wurde. In der ersten Milchreihe blieb die Gärung bei ca. 64 stehen, in der anderen sprang sie aber sogleich bei der ersten Probe bis 90 und hielt sich 10 Impfungen auf dieselbe Milch hindurch auf dieser Höhe. Aus der zweiten und dritten Impfung wurde auf gewöhnliche Milch gesäet, auf dieselbe, die zur ersteren der besprochenen Milchreihen angewandt wurde, und diese Aussaat wurde 10 Impfungen hindurch verfolgt. Diese zeigten alle eine niedrige Gärung von ca. 64. Aus der zehnten Impfung wurde wieder auf gewöhnliche Milch gesäet, und diese Milchproben zeigten nun die ursprüngliche hohe Gärung von 90. Was hier die Ursache war, weshalb die Gärung auf diese Weise in der zwei Monate alten Milch plötzlich zu ihrer ursprünglichen Stärke

zurückkehrte, darüber kann ich keinen Aufschluss geben; dass es aber auf der wechselnden Beschaffenheit der Milch beruhen muss und nicht von einem Versuchsfehler herrüht, wie z. B. von einer Verunreinigung, das beweist die Impfung aus der zweiten und dritten Generation auf gewöhnliche Milch, wo der Gärungsgrad zu einer, der abgeschwächten Form charakteristischen, geringeren Grösse zurückkehrt. Diese Beobachtung, selbst wenn sie zufällig gefunden wurde und sich später nicht wieder nachmachen liess, zeigt uns doch, dass es jedenfalls hauptsächlich hemmende Faktoren in der Milch sein müssen, welche die einmal entstandene Abschwächung am Leben erhalten, und wenn diese nicht mehr anzutreffen sind, kehrt die abgeschwächte Form sogleich in ihren ursprünglichen kräftigen Zustand zurück.

Die andere Beobachtung, die uns ebenfalls die Bedeutung des Nährsubstrates für die Gärung zeigt, ist folgende: Alle schwach gärenden Formen zeigten eine verhältnismässig stärkere Gärung in der Sommermilch, d. i. Milch aus den Monaten Juni bis September, als in Milch aus den anderen Monaten des Jahres. Beispielsweise kann angeführt werden, dass Formen, die während der Wintermonate viele Generationen hindurch eine constante Gärung von ca. 64 gezeigt hatten, in den folgenden Sommermonaten bei derselben Temperatur (35°) einen Gärungsgrad von 78 zeigten, um in den Herbstmonaten wieder bis auf 68 zu sinken. In der Milch, dem natürlichen Nährsubstrat, findet sich also, was ihr Verhalten zum Gärungsvermögen der Milchsäurebacterien betrifft, eine durch die Jahreszeiten bedingte Verschiedenheit.

Das Ergebnis der hier besprochenen Versuche wird also folgendes:

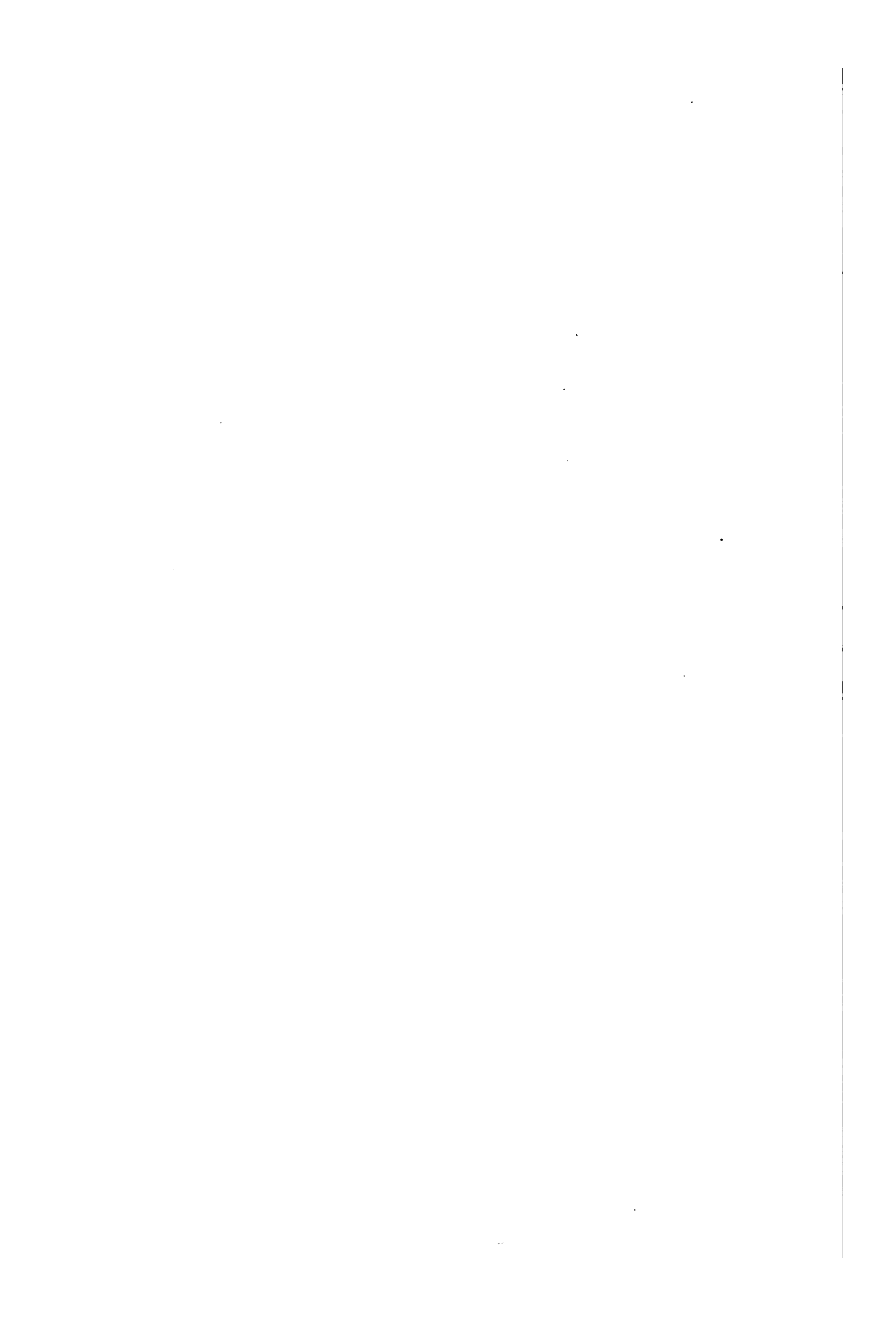
Es gelang, auf experimentellem Wege eine Variation des Gärungsvermögens der Milchsäurebacterien hervorzurufen, nämlich eine bedeutende Herabsetzung derselben, die sich eine sehr lange Reihe von Impfungen auf das ursprüngliche Nährsubstrat hindurch, d. h. durch so viele Impfungen, als überhaupt unternommen wurden, constant erhielt.

Die auf diese Weise entstandenen Culturen dürfen jedoch nicht als neue Rassen in dem Sinne aufgefasst werden, als ob sie andauernd oder einstweilen das Vermögen verloren hätten, Säure in demselben Umfang wie die ursprüngliche Cultur zu bilden, denn das Phänomen scheint einzig und allein durch schädliche Faktoren im Nährsubstrat erzeugt zu sein.

Das Vorhandensein derartiger Faktoren in dem Medium, in welchem ein Organismus wächst, wird also zu einer anscheinenden Rassenbildung den Anlass geben können, welches Verhalten nicht nur theoretisches Interesse darbietet, sondern auch zugleich für die Diagnose unserer Bacterienarten einige praktische Bedeutung wird erhalten können.

Ueberhaupt scheint es äusserst schwierig, wenn überall möglich, zu sein, der Bacterienzelle irgend eine ihrer Functionen zum Theil oder gänzlich zu entziehen, so dass die erzeugte Variation sich unter guten äusseren Bedingungen des Wachsthums wird erhalten können, wogegen es scheint, dass sich sehr leicht eine allgemeine Schwächung der Bacterienzelle hervorrufen lässt, und dass eine solche Schwächung dann veranlassen kann, dass eine oder mehrere Functionen der Zelle einstweilen herabgesetzt werden, so lange das Bacterium unter weniger günstigen äusseren Wachsthumsbedingungen leben muss.





Ueber praktische Photometrie mittels lichtempfindlichen Papiers. Theil I.

Von

Dr. **Arthur Orzellitzer,**

Assistent der Universitäts-Augenklinik.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Strassburg.)

(Mit einer Abbildung.)

Während man für die Feststellung der Temperaturhöhe sowohl ein constantes, internationales Maass (Celsiusgrad) besitzt, wie auch ein einfaches Messinstrument, das Quecksilber-Thermometer, mit dem in der bescheidensten Häuslichkeit wie im Palaste die Temperatur mühelos festgestellt wird — ist die Lehre von der Beleuchtung in beiden Richtungen schlimmer daran.

An Stelle einer unveränderlichen Einheit dient die willkürliche der Normalkerze, d. h. bei uns eine Amylacetatflamme von bestimmter Höhe etc. und unsere quantitativ arbeitenden Photometer sind theuere und unhandliche Apparate.

Das compendiöseste und infolgedessen heute wohl verbreitetste ist das von Weber 1883 construirte, aber auch dieses ist fast nur in Laboratorien vorhanden.

Für die praktische Beurtheilung der Helligkeit sind wir heute noch wie vor tausend Jahren auf unser Auge angewiesen[1]), und gerade dieses Organ ist es, das so häufig die Folgen falscher Beurtheilung und unhygienischer Beleuchtung zu tragen hat.

---

1) Ueber den Hermann Cohn'schen Helligkeitsmesser, der auf dem Lichtsinn des Auges basirt, vgl. Anhang.

Diese Thatsachen rechtfertigen wohl hinreichend das Bestreben, ein einfaches, selbstregistrirendes Photometer auf die chemische Wirkung des Lichtes zu basiren.

An sich ist dieser Gedanke, wie so ziemlich jeder in der Wissenschaft, nicht neu. Man hat bereits die zersetzende Kraft des Lichtes auf Gase, wie auf photographische Schichten zu diesem Zwecke zu benutzen gesucht, ohne aber über complicirte Laboratoriumsversuche hinauszukommen (Bunsen und Roscoe u. A.).

Ich stellte mir von vornherein die Aufgabe, für praktische Beleuchtungsmessung, d. h. unter Verzicht auf Genauigkeit bis auf die einzelne Meterkerze, das photographische Papier zu einem handlichen Photometer zu gestalten.

Die Vorfrage war natürlich, wie weit geht die photochemische oder aktinische Wirkung Hand in Hand mit der auf das Auge wirkenden Lichtintensität. Fiele das Empfindlichkeitsmaximum der Netzhaut zusammen mit dem unserer photographischen Papiere, so wäre die Sache ja sehr einfach. Dem ist aber nicht so, denn unserem Auge erscheint praeter propter das Gelb als die hellste Farbe des Spectrums, das aktinische Maximum liegt aber im Violet, d. h. diese Farbe erscheint sozusagen der photographischen Schicht[1]) als die hellste.

Diese Verschiedenheit würde nun noch nichts schaden, wenn nur das Verhältnis zwischen gelben und violeten, d. h. zwischen optisch wirksamsten und aktinisch wirksamsten Strahlen immer das gleiche wäre.

Dies ist nach vorliegenden photochemischen Untersuchungen nicht wahrscheinlich. Es wäre aber möglich gewesen, dass die etwaige Inconstanz niemals gross genug wird, um für meinen Zweck eine wesentliche, störende Rolle zu spielen.

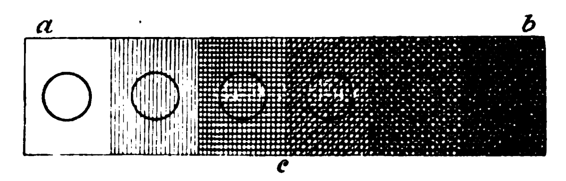
Daher war die Prüfung dieser Frage meine nächste Aufgabe. Ich musste also einerseits die Helligkeit variiren und messen, andererseits die dabei vorhandene aktinische Intensität.

---

1) Das gilt für sämmtliche bisher gebräuchliche lichtempfindliche Papiere. Ueber die künstlich anders sensibilisirten s. unten.

Zu letzterem Zwecke construirte ich folgendes Instrument (vgl. Figur): Aus einem undurchsichtigen Cartonblatt wurde eine Reihe (6—7) Löcher ausgeschnitten; das erste blieb frei, das zweite wurde mit einem Blatt Seidenpapier überspannt, das nächste mit zwei und so fort. Unter diesen Carton wird ein Streifen photographischen Copierpapiers befestigt und bei *a*, *b* und *c* durch Cravattenklemmen fixirt; nach bestimmter, immer gleicher Expositionszeit gibt für den zu untersuchenden Platz dasjenige Loch, unter dem gerade noch Schwärzung eingetreten, ein Maass für die aktinische Intensität.

Nachdem ich die Versuche im hygienischen Institut schon längst begonnen hatte, zeigte sich bei genauerer Durchsicht der Literatur, dass mein Instrumentchen, wenn man es so nennen



will, im Wesentlichen dem Vogel'schen Aktinometer entsprach, mit dem dieser für gewisse photographische Manipulationen die aktinische Helligkeit bestimmte.

Ich betone also hier von vornherein für etwaige Kritik, dass nicht mein Aktinometer als solcher neu ist, sondern die Indienststellung desselben in die praktische Hygiene, sowie, was das Wesentliche ist, die veränderte Fragestellung; nicht mehr »wie gross ist die aktinische Intensität?« das beantwortet das Instrument ohne Weiteres — sondern »wie gross ist die Helligkeit«? Diese kann aus jener erst auf Umwegen erschlossen werden.

Zur Messung der »indicirten«, d. h. durch directe Beleuchtung, sowie Reflection von Wänden etc. erzeugten Gesammt-Helligkeit eines Platzes diente mir das Weber'sche Photometer. Dessen Benutzung wird, nebenbei gesagt, ausserordentlich erleichtert, wenn man für jede der rauhgrauen Scheiben, sowie für die Beobachtung ohne Scheibe auf Grund der beigegebenen Constanten die Curve berechnet und graphisch aufzeichnet; aus

dieser kann dann ohne jedesmaliges Aufschlagen der Logarithmentafel die der Zeigerstellung entsprechende Helligkeit direct abgelesen werden. Sämmtliche derartigen Curven verlaufen im Anfang- und Endstück asymptotisch den Coordinaten zu; nur innerhalb des den Curvenscheitel bildenden Mittelstücks sind die Resultate zuverlässig, und die Warnung Weber's vor den zu kleinen und den zu grossen Abständen wird aus dem Anblick der Curven ohne Weiteres verständlich.

Da ich aus praktischen Gründen von Anfang an principiell nur Auscopierpapiere verwendete, d. h. solche, die ohne Entwickelungs- oder andere Processe direct durch das Licht erkennbar beeinflusst werden, so suchte ich unter den existirenden Auscopierpapieren ein möglichst empfindliches Papier zu erhalten. Ich habe gearbeitet zunächst mit verschiedenen im Handel käuflichen Celloidin- und Albumninpapieren, Bromsilber-Eastman, ferner Bichromatpapier (nach Vogel's Vorschrift von mir hergestellt). Ueber andere noch besonders präparirte, resp. sensibilisirte Papiere siehe unten.

I. Tageslicht-Versuche.

Zur bequemen Variirung des Tageslichtes stellte ich einen Lichtschacht her, d. h. eine innen geschwärzte Papprõhre von 1 m Länge und quadratischem Querschnitt (30 cm im Quadrat), die so eingestellt wurde, dass beim Durchvisiren nur Himmel sichtbar war. Ich habe sowohl gegen Osten, wie gegen Norden und Westen gearbeitet. Am unteren Ende wurde die dem Weber'schen Photometer beigegebene weisse Pappscheibe eingeschoben, auf die, durch einen Einschnitt in der Röhrenwand, das Photometer dauernd eingestellt blieb. Die willkürliche Veränderung der Flächenhelligkeit erfolgte einmal durch Drehen der Scheibe um ihre Horizontalachse; das Maximum der Helligkeit war natürlich, wenn die Scheibenebene senkrecht zur Lichtschachtachse stand, erreicht. — Eine zweite Möglichkeit, das Licht abzuschwächen, wurde durch Vorlegen von Fliesspapierblättern vor das obere Ende des Schachtes erzielt. Dabei habe

ich allerdings zunächst die Frage ausser Acht lassen müssen, ob die Absorption für leuchtende und für aktinische Strahlen hierbei die gleiche sei. Auf diese Weise wurden Helligkeiten von 7 bis über 300 Meterkerzen benutzt.

Die Expositionszeit betrug für Tageslicht meist fünf Minuten Innerhalb dieser Frist macht dasselbe häufig sehr grosse Schwankungen durch (darauf weisen auch Hermann Cohn und L. Weber hin). Man kann also von vornherein nicht anstreben, mittels der Methode die momentane, sondern muss sich begnügen — worauf es ja auch praktisch ankommt — die durchschnittliche Helligkeit zu messen.

Als ganz ungeeignet erwiesen sich wegen Inconstanz und schlechter Haltbarkeit die Bichromatpapiere nach Vogel. Die empfindlichsten waren »Celloidin Schering« und »Velox« (Entwicklerpapier von Blochwitz).

Für alle stellte sich nun heraus, dass die chemische Wirkung, gemessen an eben kenntlicher Papierbräunung, gleich sein kann bei sehr verschiedener Helligkeit. Wesentlich sind für diese Inconstanz des Verhältnisses der chemischen zu den leuchtenden Strahlen einmal die Tageszeit, zweitens die Jahreszeit und schliesslich noch eine Gruppe von Faktoren, die ich bisher nicht genauer festzustellen vermochte (offenbar ausser der Bewölkung noch der Gehalt der Luft an Feuchtigkeit, an Staub, an Rauch u. a. m).

Gerade in denjenigen Grenzen der Helligkeit, auf die es für den praktischen Zweck ankommt, zwischen 10 und 70 Meterkerzen, findet sich häufig ganz gleiche Wirkung auf die empfindlichen Papiere, so dass meines Ermessens überhaupt darauf verzichtet werden muss, Tageshelligkeit mittels der gebräuchlichen, für Violet empfindlichen Copierpapiere zu bestimmen.

Nebenbei sei darauf hingewiesen, dass übrigens auch das Verhältnis der rothen zu den grünen Strahlen ähnlichen Wechsel je nach der Tages- und Jahreszeit zeigte.

II. Auerlicht-Versuche.

Im Gegensatze hierzu zeigt das Auerlicht eine ausserordentliche, fast absolute Constanz im Verhältnis der rothen und grünen Strahlen. Auch die aktinische Intensität scheint hier, wie ja zu erwarten, immer in gleichem Maasse mit der Helligkeit sich zu verändern; wenigstens erhielt ich bei einer und derselben Helligkeit in gleicher Zeit bei gleichem Papier stets gleiche Bräunung, bei verschiedener Helligkeit auch stets verschiedene Bräunung. Auch andere als der gewöhnlich benutzte Auerbrenner zeigten dasselbe Verhältnis der rothen zu den grünen, sowie zu den chemischen Strahlen.

Somit ist die theoretische Vorbedingung für die exacte Helligkeitsmessung hier erfüllt.

Die Schwierigkeit liegt hier nur in dem geeigneten Papier. Es ist nämlich durchaus nicht etwa in einer Auerlichtbeleuchtung von 60 NK dieselbe aktinische Energie enthalten wie in 60 NK Tageslicht.

Die chemische Energie ist vielmehr so gering, dass die sämmtlichen gebräuchlichen Papiere nur in allergrösster Nähe des Auerstrumpfes und nach längerer Exposition geschwärzt werden.

Mein Bestreben ging daher darauf, empfindlichere Papiere zu erhalten, und ich versuchte zunächst die Sensibilisirung mit Arg. nitricium (Bromsilbereastmanpapier in 1 proc. Höllensteinlösung fünf Minuten gebadet). So gewinnt man zwar ein ausserordentlich empfindliches Präparat, aber dieses zeigt nur in den ersten vier Stunden, nach denen es trocken geworden, eine gewisse Constanz. Von da an nimmt es so rasch an Empfindlichkeit ab, dass seine Verwendung ausgeschlossen erschien.

Schliesslich, ein volles Jahr nach Beginn dieser Arbeit, ertheilte mir Professor Eder in Wien den gütigen Rath, einmal die Sensibilisirung mit Nitriten zu versuchen, und ich gelangte so endlich in den Besitz eines brauchbaren Papiers.

Der Abney'schen Formel gemäss, die ich bei Andresen[1]) fand, stellte ich dieses folgendermaassen her: Photographisches Rohpapier (Rives) badete ich 5 Minuten in 6,1 proc. Bromkalilösung, liess es an der Luft trocknen, dann 2 Minuten lang auf 12proc. Arg. nitr.-Lösung schwimmen, wässerte in strömendem Wasser aus und badete es schliesslich in 5proc. Natriumnitritlösung während 5 Minuten. Von solchem nitrirten Bromsilberpapier rühmt Andresen eine durch ein volles Jahr erprobte Haltbarkeit. Ohne über so lange Erfahrung zu verfügen, kann ich nur bestätigen, dass ich zwischen frisch gefertigtem und 1 Monat altem Papiere keinerlei Unterschied der Empfindlichkeit (gegenüber Auer- und Tageslicht) constatirte.

Um die vielen Control-Photometrirungen zu ersparen und für die Graduirung des Papiers constantes Auerlicht bequem abstufbar zur Hand zu haben, traf ich folgende Anordnung. Zwischen Gasleitung und Auerlampe wurde zunächst ein Druckregulator eingeschaltet; der Brenner selbst kam in die Achse einer 25 cm weiten, 75 cm langen, innen geschwärzten Blechröhre; hinter ihm war eine mit schwarzem Sammt überzogene Platte, so dass in der Richtung der Röhre nur direct vom Auerstrumpf kommendes und so gut wie gar kein reflectirtes Licht geworfen wurde.

Vergleichende Messungen mit dem Weber'schen Photometer, die durchschnittlich alle 5 Tage vorgenommen wurden, zeigten, dass dann in sonst finsteren Zimmern thatsächlich die Helligkeit mit dem Quadrate der Entfernung abnahm; es genügt daher, für die dazwischen gemachten Versuche nur den Abstand vom Auerstrumpf zu kennen.

Die Helligkeit, einen Meter horizontal von der Mitte des Auerstrumpfes entfernt, betrug mit ausserordentlicher Constanz 32 MK für Roth, d. h. da hier aus dem Verhältnis der rothen zu den grünen Strahlen nach Weber die Constante $K = 1,5$ ist, betrug die Gesammt- oder Aequivalenzhelligkeit **48** MK.

---

1) »Zur Aktinometrie des Sonnenlichtes.« Vortrag, gehalten auf dem III. Intern. Congress f. angew. Chemie. Wien, 1898.

Jetzt war die Aufgabe einfach: Perforirte Cartonblätter mit dem erwähnten Papier beschickt, wurden von 5 zu 5 resp. von 10 zu 10 cm senkrecht auf die Achse des Rohres exponirt, und es stellte sich heraus, dass schon 13 MK Auerlicht genügen, um in 45 Minuten eine erkennbare Schwärzung hervorzurufen. Diese scheinbar etwas lange Zeit wurde gewählt, da für alle Schulzwecke gerade diese Frist entschieden die bequemste ist. Der Lehrer bringt das Photometer eventuell mit in die Klasse, exponirt sofort am zu untersuchenden Platze und sieht am Schlusse der Stunde, ob überhaupt etwas erkennbar ist. Ist gerade das erste freigelassene Loch [No. 0] abgedruckt, so ist mindestens eine Auerlichthelligkeit von 13 MK vorhanden; denn schon bei 11 MK gibt das Papier keinerlei Reaction mehr.

Die erste Spur von dem nächsten, mit einer Lage Seidenpapier überspannten Loch [Nr. I] tritt nach einer grösseren Zahl von Versuchen bei 24 MK auf. Sieht man etwas von Nr. I, so ist also mindestens eine Helligkeit gleich 24 MK vorhanden.

In derselben Weise liess sich feststellen, dass Nr. II nicht unter 34 MK, Nr. III nicht unter 61 MK einen Abdruck liefert. Die Werthe für Nr. IV (mindestens 185 MK) und Nr. V (mindestens 220) gebe ich nur mit einer gewissen Reserve, da ich hier nicht so viel Versuche anstellte, wie für die Anfangs-Nummern. Diese letzteren sind ja aber auch praktisch die allein wichtigen, denn selbst mit der vorzüglichsten Auerlichtinstallation wird man an einem Arbeitsplatze kaum mehr als 100 MK erreichen können, da es sonst zu warm wird[1]).

Ich möchte hier anschliessen, welchen hygienischen Werth das nach meiner Methode messbare Minimum hat.

In allen Lehrbüchern etc. findet man die Hermann Cohn'sche Forderung 10 MK citirt, aber so gut wie nirgends ist der Unterschied zwischen »Roth« MK und »Weiss« oder »Aequivalent MK« betont. Auch ich habe erst aus der Weber schen Darstellung im Handbuch der Hygiene Bd. IV S. 82

1) Vgl. Rubner, Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht. Archiv f. Hygiene, Bd. XXIII, Heft 3, S. 294.

Klarheit erlangt. Cohn hat alle seine Tageslichtmessungen in Roth ausgeführt (ohne Reduction auf Aequivalenz-Helligkeit).

Ich darf vielleicht, um nicht unklar zu werden, mit einigen Worten genauer hierauf eingehen. Weber hat, da man verschiedenfarbige Lichter, sowie Helligkeiten nicht vergleichen kann, folgenden Ausweg getroffen. Er setzt in das Ocular seines Instrumentes einen Schieber mit rother und grüner Glasplatte. Bei Benutzung des ersteren erscheint das ganze Gesichtsfeld roth, und wir vergleichen somit die Roth-Quote der zu untersuchenden Helligkeit mit der Roth-Quote unserer Benzinflamme. Da aber die blosse Roth-Quote keinen richtigen Ausdruck der Gesammthelligkeit darstellt, multiplicirt Weber diese Quote noch mit einem Faktor K, der von den andersfarbigen Strahlen, speciell der Grünquote abhängig ist. Ist die Rothquote gleich der Grünquote, so setzt Weber den Faktor K gleich 1, ist die Grünhelligkeit dreimal so gross als die Rothhelligkeit so ist K gleich 2. Das soll heissen, eine Beleuchtung der letzteren Art hat für unser Auge doppelt so viel Werth; daher der Begriff »Aequivalenz«-Helligkeit. Weber hat empirisch eine kleine Tabelle geschaffen, aus der man für jedes Verhältnis der Grün- zur Rothquote den Faktor K entnehmen kann, der mit der Rothquote multiplicirt, aequivalente Helligkeit ergiebt. Cohn hat, wie schon gesagt, seine Tageslichtmessungen in Roth ausgedrückt; wir müssen annehmen, dass seine hygienische Minimalforderung den Sinn haben soll, 10 Meterkerzen[1]) in Roth. Soweit mir scheint, hat in der hygienischen Literatur dieser Unterschied einige Verwirrung geschaffen. Unsere Beleuchtungsindustrie rechnet mit Weiss-, die Cohn'sche Forderung mit Roth-Helligkeiten. Es ist also zur richtigen hygienischen Bewerthung der Lampen etc. stets die Umrechnung nöthig. Für Tageslicht entspricht 10 Spermaceti-MK in Roth, natürlich je nach der Bewölkung, Tapetenfarbe etc. etc. verschiedenen Aequivalenzwerthen; Weber setzt »durchschnittlich gleich 25 Hefner-MK

1) Spermaceti, was nicht ganz mit der »Lux = L« übereinstimmt.

in Weiss«. Für Auerlicht ist der Faktor K nahezu constant, er schwankt zwischen 1,4 und 1,6, somit ist die Gesammthelligkeit 14 bis 16 MK, wenn die Rothquote 10 beträgt.

Der Mindesteindruck bei meinem Instrument erfolgt bei einer Rothhelligkeit von 8,9 MK (d. h., wie schon oben erwähnt, 13 MK Gesammthelligkeit).

Die Verhandlungen des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege, Nürnberg, September 1899, haben gezeigt, dass die Hygieniker das hygienische Minimum an künstlicher Beleuchtung noch discutiren Verlangt man mit Kermauner und Prausnitz 8 MK in Roth, so liegt der untere Grenzpunkt meines Instrumentes bei 45 Minuten Exposition noch über diesem Minimum; d. h. ist an irgend einem Platze bei Auerbeleuchtung in 45 Minuten Nr. 0 abgedruckt resp. eben kenntlich, so ist nach Prausnitz dem hygienischen Postulat mehr als Genüge gethan, und der Platz ist als hygienisch brauchbar zu bezeichnen; Hermann Cohn würde Nr. I verlangen. Ist Nr. III sichtbar geworden, so ist er entschieden als »gut« zu erachten, denn bei mehr als 60 MK Helligkeit hat unser Auge sein Leistungsmaximum erreicht.

III.

Glaube ich somit für Auerbeleuchtung ein brauchbares, einfaches und billiges Photometer gewonnen zu haben, so ergeben sich nun auch für Tageslicht neue Aussichten aus den Andresen'schen Versuchen, die er in der oben citirten Arbeit mittheilt. Andresen ist es nämlich gelungen, »haltbare, direct copirende Papiere herzustellen, welche das Maximum der Empfindlichkeit in einer beliebigen Region des Spectrums besitzen.« — Damit ist die oben ausführlicher entwickelte theoretische Forderung erfüllt, und wir können nunmehr mit einem Papier arbeiten, das dasselbe Maximum wie unsere Netzhaut besitzt. Genauer gesagt, haben allerdings die Andresen'schen Papiere stets zwei Maxima: das eine ist das altbekannte Bromsilbermaximum (zwischen Blau und Violet), das andere ist das künstlich durch Sensibilisation bewirkte; so z. B. für Gelb durch

Zusatz von Rhodamin B zu dem Natriumnitritbad. Man kann aber durch Vorsetzen einer die violetten Strahlen absorbirenden Schicht nur das Gelbmaximum wirken lassen. Andresen hat für seine Zwecke dies durch Vorsetzen von Strahlenfiltern (alkoholische Auraminlösung) erreicht. Bei daraufhin angestellter Untersuchung liesse sich sicherlich ein Glas von gleicher Absorption finden, und dann würde das Cartonblatt meines Photometers einfach auf eine solche Gelbscheibe anzukleben sein. In der festen Ueberzeugung, dass man auf diesem Wege auch für Tageslicht ein brauchbares, praktisches Photometer schaffen kann, hatte ich solche Versuche bereits begonnen.

Nur meine Abreise von Strassburg verhinderte mich vorläufig an der Vollendung meiner photometrischen Arbeit auch für Tageslicht.

Ich würde meine zunächst nur für Auerlicht brauchbare Methode nicht publicirt haben, wenn nicht Weber selbst, also wohl die berufenste Autorität der Photometrie, der Tageslichtmessung gewissermaassen geringeren hygienischen Werth zugesprochen hätte, indem er darauf hinweist, welche colossalen Schwankungen der Helligkeit an einem und demselben Platze vorkommen. Habe ich für Auerinstallation eine Platzhelligkeit bestimmt, so ist damit etwas Positives gewonnen; denn höchstens Gasdruckschwankungen, Aelterwerden der Auerstrümpfe und Schmutzigerwerden der Wände können die Platzhelligkeit eventuell später herabsetzen.

Herrn Professor Forster, der mir vom ersten Augenblick an, wo ich mit ihm über diese Fragen sprach, mit immer gleicher Bereitwilligkeit seine Erfahrung, seine Bibliothek und sein Institut zur Verfügung stellte und durch seinen freundlichen Zuspruch, so oft meine Zuversicht erlahmte, die Fortsetzung der Versuche bewirkte, an dieser Stelle von Herzen zu danken, ist mir angenehme Pflicht.

Nachtrag.

Während ich mit dieser Arbeit beschäftigt war, hat Hermann Cohn, der hochverdiente Vater der Hygiene des Auges und unermüdliche Forscher auf den von ihm erschlossenen Gebieten, unter Benutzung der Lesegeschwindigkeit als Maassstab einen Helligkeitsmesser construirt, den er »Lichtprüfer für Arbeitsplätze« nannte. Der Untersucher stellt vorher seine maximale Lesegeschwindigkeit bei vorzüglicher Beleuchtung fest für in 40 cm Abstand befindliche kleine Zahlen und vergleicht mit dieser ihm eigenthümlichen Maximalzahl die Geschwindigkeit an dem zu untersuchenden Platze.

Von vornherein ergeben sich zwei Einwände. Erstens ist die »persönliche Constante«, die zum Ausgangspunkt genommen wird, keine thatsächliche Constante: Ein und derselbe Mensch liest unter sonst gleichen Versuchsbedingungen heute etwas rascher, morgen etwas langsamer, je nach seiner ganzen Stimmung, Arbeitsfrische etc. etc. Auch die Uebung macht enorm viel. Ich habe mit dem Lichtprüfer für eine ganze Zahl von Menschen die Lesegeschwindigkeit festgestellt und thatsächlich je nach der Tageszeit, je nach der vorhergegangenen Beschäftigung bei genau gleicher (photometrisch gemessener) künstlicher Beleuchtung sehr verschiedene Werthe erhalten, die in einem Falle sogar um 28 % differirten.

Zweitens ist auf etwaiges Fehlermachen gar keine Rücksicht genommen. Ich habe gefunden, dass die Menschen, die man auffordert, mit Cohn's Instrument zu lesen, sich in zwei sehr verschiedene Gruppen sondern. Die einen »verlesen« sich nie oder höchstens einmal, lesen aber relativ langsam, die andern rasch, aber auf Kosten der Richtigkeit. Die Letzteren halten ihre fast schnatternde Zungenfertigkeit auch bei verminderter Helligkeit bei und machen einfach noch mehr Fehler; eine derartige Fehlercontrole und Aufnotirung kann, wenn nicht mehr als ein Gehilfe da ist, nur ausgeführt werden, falls man über automatische Arretieruhren verfügt, wie sie wohl hier im

hygienischen Institut vorhanden, nicht aber bei dem durchschnittlichen Untersucher vorauszusetzen sind.

Alle diese Umstände haben Herrn Professor Forster zu dem Gedanken geführt, den »Lichtprüfer« noch in anderer Weise für die Schulhygiene nutzbar zu machen, nämlich durch Bestimmung von Lesegeschwindigkeit und Fehlerzahl ein neues Maass für die Arbeitsleistung (speciell in der »Ueberbürdungsfrage«, bezüglich des Alkoholeinflusses u. s. w.) neben die Methoden von Burgerstein, Ebbinghaus und Kraepelin zu setzen. Meine Zeit gestattete mir persönlich leider nicht, dieser Anregung zu folgen. —

Hermann Cohn wird sicher der Letzte sein, der den gekennzeichneten Einwänden die Anerkennung versagen und einem objectiv arbeitenden Instrumente, das keinen Gehilfen nöthig macht, vor seinem etwas subjectiven nicht selbst den Vorzug geben sollte.

Strassburg, im März 1900.

Die Entstehung des Solanins in den Kartoffeln als Product bacterieller Einwirkung.

Von

Dr. **Richard Weil,**

Apotheker und Vol.-Assistent am hygien.-bact. Institut der Universität Strassburg.

(Aus dem Institute für Hygiene und Bacteriologie an der Universität Strassburg.)

In den Jahren 1892 bis 1898 waren unter den Mannschaften verschiedener Bataillone des XV. Armeecorps nach dem Genusse keimender oder nicht ausgereifter Kartoffeln Massenerkrankungen vorgekommen.

E. Pfuhl[1]) beschreibt eine derartige, von ihm im Sommer 1898 beobachtete Erkrankung von 56 Mann eines Truppentheils unter Erscheinungen von Fieber, Kopfschmerzen, starken Leibschmerzen, Durchfällen, Abgeschlagenheit, Erbrechen in einigen Fällen von Ohnmacht und Krämpfen.

Die Kartoffeln, die bei Gelegenheit der ersten Epidemie 1892 und 1893 von Schmiedeberg und Meyer[2]) mittels eigens dazu ausgearbeiteter quantitativer Methoden auf ihren Solaningehalt untersucht wurden, enthielten unter besonderen Umständen das glycosidische Alcaloïd in solcher Menge, wie es für das Zustandekommen einer Vergiftung ausreichte.

---

1) E. Pfuhl, Ueber eine Massenerkrankung durch Vergiftung mit stark solaninhaltigen Kartoffeln. Deutsche med. Wochenschrift, 1899, Nr. 46, S. 753.

2) Schmiedeberg und Meyer, Ueber Vergiftungen durch Kartoffeln etc. Archiv f. experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 1895.

Eine Bestätigung fanden diese Resultate bei der Epidemie von 1898, als Herr Corpsstabsapotheker Dr. Schnell[1]) die verdächtigen Kartoffeln ebenfalls auf ihren Solaningehalt untersuchte und darin 0,38 ‰ des Alcaloïds auffand, während normale Kartoffeln im nämlichen Monate nach Schmiedeberg nur 0,064 ‰ Solanin enthalten sollten. Schnell machte ferner darauf aufmerksam, dass der Solaningehalt in den grauen Stellen der Kartoffeln und deren Umgebung durchschnittlich 33⅓ % höher ist als in den intakt gebliebenen. Dieser hohe Solaningehalt der Kartoffeln kann weder durch den Keimungsprocess, noch durch den Wasserverlust der eingeschrumpften Kartoffeln und der damit verbundenen Trockensubstanzvermehrung bedingt sein, weshalb Schmiedeberg und Meyer die Vermuthung aussprachen, die Solaninbildung könne durch bacterielle Einwirkung hervorgerufen worden sein.

Zur Bearbeitung dieser Frage bekam ich am Anfang meines Dienstjahres die Anregung von Herrn Corpsstabsapotheker Dr. Schnell, dem an dieser Stelle hierfür gedankt sei.[2])

Die mikroskopische Untersuchung der grau-schwarzen Stellen, die früher schon in der bacteriologischen Untersuchungsstation des kaiserlichen Garnisonslazareths vorgenommen worden war, hatte ergeben, dass die Kartoffeln an den schwarzen Stellen mit Pilzwucherungen durchsetzt waren. Einige Vorversuche, die ich anstellte, um die eventuellen Solaninbildner zu isoliren, führten anfangs zu keinem befriedigenden Resultate, weshalb ich auf Rath von Professor E. Levy, dem ich für die thatkräftige Förderung der Arbeit zu grossem Dank verpflichtet bin, zu folgender Versuchsanordnung überging:

Graue Stellen der verdächtig aussehenden Kartoffeln wurden mit Bouillon verrieben und davon grössere Mengen (60 mg) in mehreren Strichen neben einander auf eine sterilisirte, frische

1) Schnell, Ein äusseres Zeichen der Vermehrung des Solaningehaltes in Kartoffeln. Apotheker-Zeitung, 1898, Nr. 89.

2) Eine kurze Mittheilung über das Ergebnis meiner Untersuchung ist durch Herrn Dr. Schnell in der Apotheker-Zeitung, 1900, Nr. 16, gemacht worden.

Kartoffelscheibe und eine rohe Kartoffelscheibe, deren Schale vorher tüchtig mit Sublimatlösung abgebürstet war, aufgetragen. Dadurch waren dieselben Verhältnisse gegeben, wie man sie sonst bei Gelatine und Agarstrichplatten vor sich hat.

Eine Gefahr aber blieb noch bestehen, nämlich die Ueberwucherung der Kartoffelscheiben durch die ja unter den gegebenen Verhältnissen immer in grösserer Menge vorhandenen sogenannten Futter-Kartoffelbacillen. Dieser Eventualität wurde sofort vorgebeugt als ich ein Verfahren anwandte, welches Professor E. Levy, angeregt durch die langjährigen Versuche unseres Chefs, Herrn Professor J. Forster, über die Lebensäusserungen von Mikroorganismen bei verschiedenen Temperaturen, zur Isolirung von Bacterien aus Gemengen von Erd- und Futterbacillen mir angegeben hatte.

Die Culturen wurden nämlich bei 15° eingestellt, also einer Temperatur, bei welcher die meisten Sporenexemplare dieser Gruppe — und bei unserem Ausgangsmaterial konnte es sich in der Hauptsache ja nur um Sporen handeln — nicht auszukeimen vermögen. Ein Theil der Kartoffelculturen wurde aërob, der andere Theil anaërob gezüchtet.[1])

Während die rohe Kartoffelscheibe steril blieb, wurden von den übrigen Nährmedien von mir ein bekanntes Bacterium und folgende neue Arten isolirt:

1. Bacterium villosum Tataroff.

Form und Grösse: Plumpe, fast coccenartige, 0,7 μ lange und 0,5 μ breite Diplobacillen.

Beweglichkeit: Mit schwacher Eigenbewegung.

Sporen: Waren weder mikroskopisch noch biologisch nachzuweisen.

Färbung: Gelingt gut mit allen Anilinfarben, Gram positiv.

Temperaturen: Ueppiges Wachsthum erfolgt bei 5, 12, 18 und 24°, kümmerliches bei 37°.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 20°.

Sauerstoffbedürfnis: Auch im tiefen Stich wächst es gut.

Gelatineplatte: Grosse runde, schwach gezähnte, gelbbraune, dunkel marmorirte Colonien, die tiefliegenden bedeutend kleiner, ebenfalls rund.

---

1) Bei zwei Versuchen wurden aërob sowohl wie anaërob Agarstrichculturen (Verdünnung durch Striche) angelegt.

Gelatinestich: Wird binnen kurzem an der Oberfläche trichterförmig verflüssigt.

Gelatinestrich: Von gelbem Belage bedeckt, wird bald grabenartig verflüssigt.

Bouillon: Ist anfangs gleichmässig getrübt, später klar mit weissem Bodensatz.

Schräg-Agar: Dicker, schwefelgelber, glänzender Belag; ein rosarother Farbstoff diffundirt in die den Belag umgebende Agarmasse.

Blutserum: Der Belag ist sonderbarer Weise auf dem schräg erstarrten Serum nicht schwefelgelb, wie auf den anderen Nährmedien, sondern schmutzig-weiss bis hellgelb und erfüllt fast die ganze Fläche; Serum wird bald verflüssigt.

Kartoffel: Von einem dicken, schwefelgelben Belag bedeckt, ringsherum graublau verfärbt.

Milch: Wird nicht zur Gerinnung gebracht.

Besondere Nährböden: In Kartoffelwasser: findet kein Wachsthum statt.

Säurebildung: Trat in keinem Nährmedium ein.

Gärung: Erfolgte weder im tiefen Traubenzucker-Agarstich, noch im Traubenzucker-Bouillongärröhrchen.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft: Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Das von Tataroff gefundene Bacterium ist in der neuen Ausgabe von Migula nur kurz beschrieben; ich konnte daher nur aus einigen gemeinsamen Eigenschaften die Identität meines Bacteriums mit dem Tataroff'schen feststellen.

2. Bacillus subtiliformis.

Form und Grösse: 1,5—2,5 μ lange und 1 μ breite, an den Enden abgerundete Stäbchen.

Beweglichkeit: Ohne Eigenbewegung.

Sporen: Biologisch und mikroskopisch nachgewiesen; Sporen ziemlich klein.

Färbung: Gelingt gut mit allen Anilinfarben; Gram positiv.

Temperaturen: Bei 5, 12, 18, 24 und 37° findet Wachsthum statt.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 24°.

Sauerstoffbedürfnis: Er wächst auch gut im tiefen Stich.

Gelatineplatte: Grosse, meist kreisrunde, gelbbraune, filzige Colonien, mit scharfem Rande, die tiefliegenden dunkelbraun, deutlich marmorirt.

Gelatinestich: Horizontale Verflüssigung der an der Oberfläche befindlichen Partie, darüber ein dünnes Häutchen.

Gelatinestrich: Wird ebenfalls rasch verflüssigt und ist von einem dünnen Häutchen bedeckt.

Bouillon: Diffus getrübt, von einem weissen Häutchen bedeckt.

Agar: Glänzend weisser, mässig dicker Belag.

Blutserum: Wird dem Strich entlang verflüssigt, darüber ein faltiges Häutchen.

Kartoffel: Der junge Belag ist gelbbraun schmierig, fettglänzend, nach einigen Wochen von feinen Runzeln durchzogen; Geruch derselben narkotisch tabakartig.

Milch: Wird innerhalb 14 Tagen zur Gerinnung gebracht, Reaction schwach alkalisch.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser zeigt weissen Bodensatz, wird nicht missfarbig.

Säurebildung: Tritt nicht ein.

Gärung: Findet nicht statt, weder im tiefen Traubenzucker-Agarstich, noch im Traubenzucker-Bouillongärröhrchen.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft: Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Bemerkenswerth ist der tabakartige Geruch der Kartoffelcultur.

3. Bacillus coronoïdes.

Form und Grösse: Gleichmässig dicke, 1—2 μ lange und 0,5 μ breite, an den Enden abgerundete Stäbe, häufig in kurzen Ketten.

Beweglichkeit: Mit lebhafter Eigenbewegung.

Sporen: Mittelständig, nehmen ungefähr $^2/_3$ des Stäbchens ein, in älteren Culturen freiliegend.

Färbung: Gelingt besonders gut mit 2proc. wässeriger Gentianaviolettlösung. Gram positiv.

Temperaturen: Bei 0 und 5° findet kein Wachsthum statt, wohl aber bei 12, 15, 18, 24 und 37°.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 24°.

Sauerstoffbedürfnis: Im tiefen Stich erfolgt nur kümmerliches Wachsthum.

Gelatineplatte: Rasch verflüssigende Colonien, nach 24stündigem Verweilen bei 24° filzig, mit im Centrum dunklerem, gegen die Peripherie fast farblosem, weit ausgedehntem Geflecht; nach weiteren 24 Stunden zeigt das mikroskopische Bild bei 60facher Vergrösserung einen ganzen Schwarm kleiner Tochtercolonien rings um die Muttercolonie, die sich von letzterer losgelöst haben und von der verflüssigten Gelatine weggeschwemmt wurden.

Gelatinestich: Wird an der Oberfläche trichterförmig verflüssigt.

Gelatinestrich: Ist von einem weissen Belag bedeckt und auch in kurzer Zeit verflüssigt.

Bouillon: Bleibt völlig klar und wird von einem grauweissen Häutchen bedeckt; sie nimmt schwach sauere Reaction an.

Schräg-Agar: Von einem dicken, gleichmässigen Belag erfüllt.

Blutserum: Wird nach einiger Zeit stark peptonisirt.

Kartoffel: Der junge Belag ist anfangs in der Farbe nur schwer von der Kartoffel zu unterscheiden; er ist von einer graublau verfärbten Zone umgeben; der ältere Belag zeigt erhabene, schmutzig-weisse Runzeln.

Milch: Wird innerhalb 14 Tagen zur Gerinnung gebracht; Reaction derselben schwach alkalisch.

Besondere Nährböden: In Kartoffelwasser ruft derselbe einen dicken, hautigen Bodensatz hervor.

Säurebildung: Tritt ein in gewöhnlicher und Traubenzuckerbouillon.

Gärung: Erfolgt weder im tiefen Traubenzucker-Agarstich, noch im Gärröhrchen.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 4 Monaten geprüft: Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Charakteristisch ist der Schwarm kleiner Colonien rings um die Muttercolonie, besonders erkennbar beim Betrachten der Gelatineplatte bei 60facher Vergrösserung.

4. Bacterium claviforme flavum.

Form und Grösse: Plumpe, ovale, 0,8—3 μ lange und 1 μ breite Stäbe, die an den Enden oft hantelförmig verdickt sind; mit Methylenblau tingirt, lassen sie ungefärbte Lücken erkennen.

Beweglichkeit: Ohne Eigenbewegung.

Sporen: Weder mikroskopisch noch biologisch nachweisbar.

Färbung: Gelingt gut mit allen Anilinfarben; Gram positiv, Neisser-sche Färbung negativ.

Temperaturen: Die Stäbchen halten sich Monate lang bei 0°, vermehren sich aber erst bei 12° und gedeihen üppig bei 18, 24 und 37°.

Wachsthumschnelligkeit: Das Optimum liegt bei nahezu 30°.

Sauerstoffbedürfnis: Es wächst auch gut im tiefen Stich.

Gelatineplatte: Colonien rund oder oval; tiefliegende von gelber Farbe, dunkel marmorirt; Oberflächencolonien bedeutend grösser, hellgelb, scharfrandig, in der Mitte dunkler.

Gelatinestich: Dem Stich entlang bis auf den Grund des Röhrchens reichender intensiver gelber Belag.

Gelatinestrich: Dicker, gelber, gummiartig dehnbarer Belag.

Bouillon: Wird nur schwach getrübt.

Schräg-Agar: Dicker, zäher, intensiv gelber Belag.

Blutserum: Löffler'sche Platte: Den Strichen entlang intensiv gelbes Wachsthum. Serum wird nicht verflüssigt, in den Klatschpräparaten zeigen die Stäbe parallele Anordnung.

Kartoffel: Ocker- bis goldgelbe Auflagerung, die erst nach einiger Zeit entsteht; der junge Belag ist von einer grauverfärbten Zone umgeben.

Milch: Wird innerhalb 14 Tagen zur Gerinnung gebracht, Reaction derselben sauer.

Besondere Nährböden: In Kartoffelwasser verursacht es einen starken, weissen Bodensatz.

Säurebildung: Konnte nur in der Milch beobachtet werden.

Gärung: Erfolgt weder im tiefen Traubenzucker-Agarstich noch im Gärröhrchen.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft: Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Das Mikrobion zeichnet sich durch den goldgelben Belag auf allen Nährmedien aus; an den Diphtheriebacillus erinnert es:

1. durch die Keulen- oder Hantelform,
2. durch die parallele Anordnung der Stäbe,
3. durch die ungefärbten Lücken in den Stäbchen.
4. durch die Färbbarkeit nach Gram.

5. Bacterium Iris erectum.

Form und Grösse: 0,5 μ lange und 0,3 μ breite, fast coccenartige Stäbchen, oft in Diploanordnung.

Beweglichkeit: Sie zeigen lebhaft tanzende Bewegungen, Eigenbewegung nicht zu erkennen.

Sporen: Keine nachweisbar.

Färbung: Gelingt gut mit Carbolfuchsin und heisser Methylenblaulösung. Gram: negativ.

Temperaturen: Bei 5, 12, 18, 24 und 37° findet gutes Wachsthum statt.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 24°.

Sauerstoffbedürfnis: Im tiefen Stich findet kein Wachsthum statt.

Gelatineplatte: Die dicht besäte Platte irisirt blau bis blaugrün; die Colonien stehen meist senkrecht in die Höhe.

60mal vergr.: Colonien von unregelmässigem Rande abgegrenzt; von dem gelbbraunen Centrum erstrecken sich blattartig gezeichnete Fortsätze nach der Peripherie zu.

Gelatinestich: Schneeweisser irisirender Oberflächenbelag, verflüssigt Gelatine nicht.

Gelatinestrich: Dünner, weisser, ziemlich breiter Belag.

Bouillon: Wird mässig getrübt, ohne Bodensatz.

Schräg-Agar: Ziemlich dicker, rahmiger Belag, der sich auf den grössten Theil des Röhrchens ausbreitet.

Blutserum: Dünner, weisser, blau irisirender Belag; Serum wird nicht verflüssigt.

Kartoffel: Dicker, gelbbrauner, speckiger Belag.

Milch: Wird nicht zur Gerinnung gebracht; Reaction stark sauer.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser behält seine Farbe; es entsteht ein weisser klumpiger Bodensatz.

Säurebildung: Milch, als auch Traubenzuckerbouillon nehmen sauere Reaction an.

Gärung: Findet nicht statt, weder im tiefen Traubenzucker-Agarstich, noch im Traubenzuckerbouillon-Gärröhrchen.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft: Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Bemerkenswerth ist, dass die Colonien auf der Gelatineplatte sich fast ausschliesslich senkrecht emporrichten.

6. Bacillus aromatic. solani tuberosi.

Form und Grösse: Bis 2 μ lange und 0,8 μ breite, an den Enden abgerundete Stäbe, oft in Diploanordnung; in Bouillon lange Fäden bildend.

Beweglichkeit: Mit ausserordentlich lebhafter Eigenbewegung.

Sporen: Ziemlich gross, endogen.

Färbung: Gelingt gut mit allen Anilinfarben, Gram negativ.

Temperaturen: Bei 5, 12, 18 und 24° findet reichliches, bei 37° nur noch kümmerliches Wachsthum statt.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ca. 20°.

Sauerstoffbedürfnis: Auch im tiefen Stich erfolgt gutes Wachsthum.

Gelatineplatte: Von einem dunkleren Centrum aus zeigt die Colonie ein ausserordentlich zierlich sculptirtes Netz, nach der Peripherie zu immer heller werdend. Colonie von einem scharfen Rande abgegrenzt; tiefliegende ebenfalls scharfrandig mit diatomeenartiger Zeichnung.

Gelatinestich: Dünner Oberflächenbelag, mit haarigen Fortsätzen in die Gelatine.

Gelatinestrich: Grauweisser, dünner, blau irisirender Belag.

Bouillon: Gleichmässig getrübt mit klumpigem Bodensatze.

Schräg-Agar: Blaugrüner, dünner, leicht gestreifter Belag.

Blutserum: In kurzer Zeit völlig verflüssigt; Geruch desselben sehr aromatisch nach Fruchtäthern; später fäulnisartig.

Kartoffel: Grauweisser, feuchter Belag, $^1/_2$ der Oberfläche einnehmend, rings herum graublaue Verfärbung.

Milch: Wird braun missfarbig, jedoch nicht zur Gerinnung gebracht; Reaction derselben schwach alkalisch.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser wird zimmtbraun verfärbt; unter Bildung eines starken hautigen Bodensatzes.

Säurebildung: War in keinem Nährmedium zu beobachten.

Gärung: Findet nicht statt, weder im Gärröhrchen, noch im tiefen Traubenzucker-Agarstich.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft; Thiere bleiben gesund.

Bemerkungen: Bemerkenswerth ist das zierliche Aussehen der Gelatineplattencolonien. Auf gewöhnlichem, wie auch Löffler'schem Serum erzeugt der Bacillus anfangs ein feines Aroma, später einen fäulnisartigen Geruch.

7. Bacterium solani foliaceum liquefaciens.

Form und Grösse: 0,7—1 μ lange und 0,2—0,3 μ breite Stäbchen.

Beweglichkeit: Sehr lebhaft eigenbeweglich.

Sporen: Sind nicht nachweisbar.

Färbung: Gelingt gut mit den gebräuchlichen Anilinfarben; die Carbolfuchsinpräparate lassen an den Stäbchen deutliche Vacuolen erkennen. Gram negativ.

Temperaturen: Bei 5, 12, 18 und 24° wachsen sie gut, bei 37° nur noch kümmerlich.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 20°.

Sauerstoffbedürfnis: Im tiefen Stich erfolgt nur kümmerliches Wachsthum.

Gelatineplatte: Grosse, blattartige, deutlich gefurchte Colonien mit gelbem Centrum und hellerer Peripherie.

Gelatinestich: Zeigt nach 24 Stunden schon horizontale Verflüssigung.

Gelatinestrich: Wird ebenfalls sehr rasch grabenartig verflüssigt, darüber ein dünnes gelbes Häutchen.

Bouillon: Ist diffus getrübt und zeigt beim Bewegen deutliches Flimmern.

Schräg-Agar: Ist von einem anfangs weissen, später mehr grüngelben Belag bedeckt; ältere Culturen roth geadert.

Blutserum: Wird nach und nach völlig aufgelöst und von einem schwach runzeligen Häutchen bedeckt.

Kartoffel: Intensiv graublau verfärbt; 10tägiger Belag dick, honiggelb, nach 1 Monate braunroth.

Milch: Wird innerhalb 10 Tagen zur Gerinnung gebracht; Reaction derselben schwach alkalisch.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser wird von dicken Hautmassen durchsetzt.

Säurebildung: Tritt in keinem Nährmedium ein.

Gärung: Erfolgt weder im tiefen Traubenzucker-Agarstich, noch im Gärröhrcheu.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft: Thiere bleiben am Leben.

8. Bacterium solani foliaceum non liquefaciens.

Form und Grösse: Plumpe Stäbchen, bis 1 μ lang und 0,5—0,7 μ breit.

Beweglichkeit: Mit deutlicher Eigenbewegung.

Sporen: Weder mikroskopisch, noch biologisch nachweisbar.

Färbung: Gelingt gut mit allen Anilinfarben; Gram negativ.

Temperaturen: Bei 5, 12, 18 und 24° findet gutes Wachsthum statt.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 20°.

Sauerstoffbedürfnis: Auch im tiefen Stich erfolgt gutes Wachsthum.

Gelatineplatte: Grosse, blattartig lappige, mit hellem Adernetze durchzogene Colonien, die prachtvoll irisiren.

Gelatinestich: Dünner, weisser, die ganze Oberfläche bedeckender Belag; dem Stich entlang körniges Wachsthum.

Gelatinestrich: Ebenfalls von dünnem, weissem Belage bedeckt.

Bouillon: Wird diffus getrübt.

Schräg-Agar: Zeigt einen gelblich weissen, glänzenden, etwas irisirenden Belag.

Blutserum: Lässt innerhalb 14 Tagen keinen Belag erkennen.

Kartoffel: Junger Belag hellgelb, älterer goldgelb, von einer braun bis blau verfärbten Zone umgeben.

Milch: Wird nicht zur Gerinnung gebracht; Reaction derselben nach 10 Tagen stark sauer.

Besondere Nährböden: Im Kartoffelwasser entwickelt es sich üppig, ohne in demselben eine Missfärbung hervorzurufen.

Säurebildung: Wurde in der Milch und in der Traubenzuckerbouillon beobachtet.

Gärung: Im tiefen Traubenzucker-Agarstich war keine Gasbildung wahrzunehmen, wohl aber tritt im Gärröhrchen schwache Gasbildung ein.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft: Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Das Bacterium ruft in der Milch, analog dem Typhusbacillus, Säurebildung hervor, aber keine Gerinnung.

9. Bacterium smaragdino-foetidum mobile.

Form und Grösse: Dünne, an den Enden abgerundete Stäbchen, 1—1,5 μ lang und 0,3 μ breit, oft von paralleler Anordnung.

Beweglichkeit: Mit lebhafter Eigenbewegung.

Sporen: Weder biologisch noch mikroskopisch nachzuweisen.

Färbung: Gelingt gut mit den gewöhnlichen Anilinfarben, Gram negativ.

Temperaturen: Bei 5, 18, 24 und 37° gedeiht es gut.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 24°.

Sauerstoffbedürfnis: Schwache Entwickelung im tiefen Stich.

Gelatineplatte 60mal vergr.: Tiefliegende Colonien, höckerige gelbe Colonien mit zackigem Rande; Oberflächencolonien braungelb mit sehr langen gewundenen Ausläufern. Platte nach 24 Stunden bei 24° schon verflüssigt und durch einen grünen Farbstoff völlig grün gefärbt; auffallend ist der aromatische, fruchtätherartige Geruch.

Gelatinestich: Nach 24 Stunden strumpfförmig verflüssigt; am Boden sitzt ein dichter weisser Schleier.

Bouillon: Gleichmässig getrübt, nach einigen Tagen ebenfalls grün gefärbt.

Schräg-Agar: Vom Impfstrich aus zweigen sich federartig gelblich weisse Verästelungen ab; in dem nicht bedeckten Agar diffundirt ein grüner, blaugrün fluorescirender Farbstoff.

Blutserum: Wird verflüssigt, in welchem Zustande es stark nach Käse riecht; Löffler's Serum ebenfalls verflüssigt, riecht nach 3 Tagen sehr aromatisch, später ebenfalls nach Käse.

Kartoffel: Ist nach kurzer Zeit völlig mit einem rothgelb bis rothbraunem Belag erfüllt; Geruch aromatisch, um den Belag graublaue Verfärbung.

Milch: Ist nach 14 Tagen geronnen, hat aromatischen Geruch und ist an der Oberfläche intensiv grün gefärbt; Reaction derselben sauer.

Besondere Nährböden: In Kartoffelwasser findet reichliches Wachsthum statt, unter zimmtbrauner Missfärbung desselben.

Säurebildung: Erfolgt in der Milch und in Traubenzuckerbouillon.

Gärung: Traubenzuckeragar wird nicht vergärt; in Traubenbouillon-Gärröhrchen erfolgt schwache Gasbildung.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 2 Monaten geprüft; Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Das Bacterium ist charakterisirt durch Bildung eines grünen Farbstoffes, sogar in der Milch, ferner durch den fruchtätherartigen, später käseartigen Geruch.

10. Bacterium cyaneum glaciale.

Form und Grösse: Bis 3 μ lange und 0,2 μ breite, nach den Enden etwas zugespitzte Stäbchen, häufig in kurzen Ketten.

Beweglichkeit: Mit lebhafter Eigenbewegung.

Sporen: Weder mikroskopisch noch biologisch nachweisbar.

Färbung: Färbt sich ziemlich schwer, selbst mit heissem Methylenblau, intensiv mit Carbolfuchsin und wässerigem Gentianaviolett; T-.B.-Färbung negativ. Gram negativ.

Temperaturen: Bei 0° (2 Monate), 5, 18, und 24° wächst es gut, bei 37° nur noch kümmerlich.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 20°.

Sauerstoffbedürfnis: Auch gute Entwickelung im tiefen Stich.

Gelatineplatte: Ziemlich grosse Colonien mit dunklerem Centrum, von dem ein zartes Geflecht hellgelber feiner Haare nach der Peripherie ausgeht.

Gelatinestrich: 2 Monate bei 0° zeigt grabenartige Verflüssigung; Belag weiss; Gelatine von einem grünen, blaugrün fluorescirenden Farbstoff erfüllt.

Gelatinestich: Bei 18° rasch verflüssigt, grün gefärbt, zeigt blaugrüne Fluorescenz; den Boden des Röhrchens bedeckt ein weisser Schleier.

Bouillon: Diffus getrübt, beim Schütteln stark flimmernd; nach einigen Tagen ebenfalls grün gefärbt.

Schräg-Agar: Ist von einem grüngelben Belage bedeckt.

Blutserum: Zeigt einen dünnen, fast unsichtbaren Belag; Serum wird nicht verflüssigt.

Kartoffel: Nach 24 Stunden schon grau verfärbt; Belag dünn, rothbraun, glänzend, ist über die ganze Fläche ausgebreitet.

Milch: Wird innerhalb 3 Tagen zur Gerinnung gebracht; Reaction derselben sauer.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser ist an der Oberfläche von einer dicken, gleichmässigen Haut bedeckt; die Flüssigkeit wird missfarbig unter Bildung eines starken Bodensatzes.

Säurebildung: Wurde beobachtet in Milch und Traubenzuckerbouillon.

Gärung: Erfolgt weder im tiefen Traubenzucker-Agarröhrchen, noch in der Traubenzuckerbouillon.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 4 Monaten geprüft; Thiere bleiben am Leben.

Bemerkungen: Das Mikrobion entwickelt sich normal bei 0°, indem es bei dieser niederen Temperatur einen Belag bildet, einen grünen, blau fluorescirenden Farbstoff producirt, und was bemerkenswerth ist, Gelatine verflüssigt.

11. Bacterium Solanodoriferum.

Form und Grösse: Dünne, 1—1,5 μ lange und 0,2 μ breite Stäbchen.

Beweglichkeit: Mit lebhafter Eigenbewegung.

Sporen: Nicht nachweisbar.

Färbung: Gelingt gut mit allen Anilinfarben, Gram negativ.

Temperaturen: Es wächst bei 0, 7, 15, 18, 24° und verflüssigt bei diesen Temperaturen die Gelatine; bei 37° wächst es auch noch, ohne die Gelatine zu verflüssigen.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ungefähr 20°.

Sauerstoffbedürfnis: Es wächst nur kümmerlich im tiefen Stich.

Gelatineplatte: Kreisrunde, filzige, scharfrandige Colonien, die innerhalb 24 Stunden Gelatine verflüssigen; Geruch stark kellerartig.

Gelatinestich wie -Strich: Werden rasch verflüssigt unter Bildung eines gelben bis blaugrün fluorescirenden Farbstoffes, der sich der flüssigen Gelatine mittheilt.

Bouillon: Wird diffus getrübt.

Schräg-Agar: Wird von einem weissen, speckigen Belag bedeckt.

Löffler's Blutserum: Wie gewöhnliches, zeigen einen gelblich-weissen, dünnen Belag; auf dem zuckerhaltigen Serum tritt der Kartoffelgeruch stark hervor.

Kartoffel: Zeigt einen schmierigen, schmutzig weissen bis rothbraunen Belag.

Milch: Wird zur Gerinnung gebracht und peptonisirt; Reaction derselben sauer.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser wird missfarbig; dabei entsteht ein starker weisser Bodensatz.

Säurebildung: Wurde in der Milch festgestellt.

Gärung: Erfolgt weder im tiefen Traubenzucker-Agarstich, noch im Gärröhrchen.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Ein Meerschweinchen, das mit 2 ccm einer Aufschwemmung einer 3 Wochen bei 18° gewachsenen Kartoffelcultur intraperitoneal geimpft wurde, starb innerhalb 20 Stunden. — Die Section ergab ein Oedem der inneren Haut; die Bauchmuskulatur ist glänzend, saftreich; das Peritoneum enthält eine beträchtliche Menge einer röthlichgelben Flüssigkeit; Därme und Magen sind stark entzündet; in der Pleura befindet sich ebenfalls Exsudat; aus letzterem, der Milz, der brüchigen Leber und dem

Herzblut konnte ich den Bacillus wieder rein züchten, der, was Geruch, Farbstoffbildung und sonstige Eigenschaften betrifft, dasselbe Verhalten zeigte wie vor der Thierpassage.

Bemerkungen: Das Bacterium erzeugt einen intensiven, moderigen Kartoffelkellergeruch auf kartoffelhaltigen, sowie anderen Nährmedien, und am ausgeprägtesten in Culturen, die bei 0—18° gewachsen sind.

Wie das unter Nr. 10 beschriebene, hat auch dieses Mikrobion die Fähigkeit, bei 0° Gelatine zu verflüssigen. Wir haben also hier eine Fermentwirkung bei 0° vor uns; in dieser Hinsicht erinnern diese beiden Bacterien an die sogenannten Eisbacterien, deren Kenntnis wir J. Forster[1]) und B. Fischer[2]) verdanken.

Das Wachsthumsvermögen sämmtlicher Bacillen bei 0° studirte ich auf Veranlassung meines verehrten Chefs, Herrn Professor Forster, dem ich hiefür, sowie für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse meinen herzlichsten Dank abstatte.

Während das Mikrobion sich bei 37° anscheinend noch recht gut entwickelt, stellt es beim Temperatur-Optimum der meisten Bacterien schon eine seiner Lebensäusserungen, nämlich das Verflüssigen der Gelatine, ein; denn die Gelatine, kurze Zeit in den Eisschrank gebracht, erstarrt wieder vollständig.

12. Bacterium solaniferum non colorabile.

Form und Grösse: Kurze, fast coccenartige Stäbchen, ungefähr 0,3—0,8 μ lang, 0,2—0,5 μ breit.

Beweglichkeit: Ohne Eigenbewegung.

Sporen: Weder mikroskopisch noch biologisch nachweisbar.

Färbung: Gelingt gut beim Erhitzen mit den gebräuchlichen Anilinfarben. Gram: negativ.

Temperaturen: Es wächst gut bei 0, 7, 15—18, 24°, weniger gut gedeiht es bei 37°, bei 41° findet kein Wachsthum mehr statt.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei ca. 24°, die Gelatineplatte zeigt nach 24 Stunden schon mit blossem Auge sichtbare weisse Colonien.

Sauerstoffbedürfnis: Auch Wachsthum im tiefen Stich.

Gelatineplatte: Colonien stark irisirend; Oberflächencolonie: Eine gelbe centrale Partie entsendet nach der Peripherie ein bedeutend helleres Netzwerk mit scharfem lappigen Rande; tiefliegende Colonien kreisrund, gelb, wetzsteinartig.

Gelatinestich: Dünner, weisser, etwas irisirender Belag, dem Stich entlang oft mehrere Krystalldrüsen.

Gelatinestrich: Dünner, weisser, schwach irisirender Belag; Gelatine wird nicht verflüssigt.

---

1) Forster, Centralbl. f. Bact. u. Paras., 1892, Bd. XII, S. 432.

2) Fischer, Centralbl. f. Bact. u. Paras., 1888, Bd. IV, S. 89.

Bouillon: Wird diffus getrübt.

Schräg-Agar: Gelblich weisser, schmaler, der Länge nach mehr oder weniger gestreifter Belag.

Blutserum: Dünner, hellgelber Belag; Serum wird nicht verflüssigt.

Kartoffel: Nach 24 Stunden schon wird die Kartoffel graublau verfärbt, der schmierige, gelbbraune bis rothbraune Belag ist erst nach etwa 48 Stunden sichtbar.

Milch: Wird nicht zur Gerinnung gebracht; Reaction schwach alkalisch.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser: Starkes Wachsthum unter Hautbildung, die sich nach Verlauf von 10 Tagen zu Boden setzt; Nährmedium war nicht missfarbig.

Säurebildung: Erfolgt in Traubenzuckerbouillon, nicht in Milch.

Gärung: Nach 2 Tagen eine $1^1/_2$ cm hohe Gasschicht, die sich bei längerem Stehen nicht vermehrt; ein weisser Bodensatz bedeckt das Röhrchen; im tiefen Traubenzucker-Agarstich nur ganz kleine Blasen.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Meerschweinchen, dem 2 ccm intraperitoneal injicirt wurden, starb nach 15 Stunden unter Krämpfen; das Sectionsbild zeigte grosse Aehnlichkeit mit dem bei Bacterium 11 beschriebenen; neben der starken Entzündung der Dünndärme fiel namentlich die bedeutende Vergrösserung des Magens auf; aus dem in geringer Menge vorhandenen Exsudate aus Milz, Leber und Herzblut züchtete ich durch directe Abimpfung auf schräg erstarrte Gelatine den Bacillus in Reincultur, wovon ich mich makroskopisch durch das deutliche Irisiren der Gelatine wie auch durch das mikroskopische Aussehen überzeugte. Ein Kaninchen, dem 2 ccm einer Aufschwemmung von Bacillen, die 5 Tage bei 18° auf Kartoffel gewachsen waren, in die Ohrvene injicirt wurden, bekam nach $^1/_4$ Stunde Zuckungen, sowie Streckkrämpfe des linken Hinterfusses, am nächsten Tage sass es traurig da, zeigte keine Fresslust, erholte sich am zweiten Tage jedoch wieder vollständig.

Bemerkungen: Auch dieses coccenartige Stäbchen entwickelt sich sehr gut bei 0°.

13. Bacterium Solaniniferum colorabile.

Form und Grösse: Schlanke, 1—2,5 μ lange und 0,5 μ breite, leicht gekrümmte Stäbe, an den Enden abgerundet, mit deutlichen, y-förmigen Verzweigungen; die Stäbe zeigen häufig ungefärbte Lücken.

Beweglichkeit: Mit lebhafter Eigenbewegung.

Sporen: Nach den verschiedenen Methoden keine nachweisbar.

Färbung: Gelingt gut mit allen Anilinfarben, Gram positiv.

Temperaturen: Bei 0° findet innerhalb 2 Monaten kein Wachsthum statt, wohl aber bei 5, 15, 18, 24°; bei 37° nur noch kümmerliches Wachsthum.

Wachsthumschnelligkeit: Optimum liegt bei 18—22°.

Sauerstoffbedürfnis: Wachsthum findet auch im tiefen Stich statt.

Gelatineplatte: Makroskopisch: halbkugelige, stecknadelkopfgrosse, blau irisirende Colonien.

60 mal vergr.: Colonien ganzrandig, haarig, von gelbbrauner Farbe; Gelatine bei 24° innerhalb 20 Tagen nicht verflüssigt.

Gelatinestich: Grauweisser Oberflächenbelag, den Stich entlang schwach nagelförmiges Wachsthum.

Gelatinestrich: Weisser, an den Rändern blau irisirender Belag.

Bouillon: Nach mehreren Tagen völlig klar; den Boden des Röhrchens bedeckt ein compakter weisser Schleier.

Agar: Dicker, grauweisser, speckig glänzender Belag.

Blutserum: Ist von einem ganz dünnen, weissen Belag erfüllt; Serum wird nicht verflüssigt.

Kartoffel: Belag anfangs schmutzig weiss glänzend, eingeschlossen von einer graublauen Verfärbung; später wird derselbe rosa bis gelbbraun.

Milch: Ist nach 14 Tagen noch unverändert.

Besondere Nährböden: Kartoffelwasser wird rostbraun missfarbig, dicke Hautmassen durchsetzen die Flüssigkeit.

Säurebildung: Findet nicht statt.

Gärung: Traubenzucker wird nicht vergärt.

Indolbildung: Negativ.

Pathogenität: Nach 3 Monaten geprüft; Meerschweinchen erkranken, erholen sich jedoch wieder.

Bemerkungen: Auffallend ist, dass die Gelatine bei 24° nach wochenlangem Stehen nicht verflüssigt wird, während bei 5, 12 und 18° eine langsame Verflüssigung eintritt.

Wie aus den Tabellen ersichtlich, wurden die isolirten Mikroorganismen auf das Genaueste untersucht, und es stellte sich heraus, dass wahrscheinlich 12 von ihnen noch nicht beschrieben sind. Wir sahen uns also trotz unserer grossen Abneigung, neue Bacterien einzuführen, genöthigt, denselben möglichst charakteristische Namen zu geben. Wie ich hier gleich bemerken möchte, wurde die Nomenclatur gemeinschaftlich mit Herrn Professor E. Levy festgestellt[1]).

Der Hauptzweck meiner Arbeit lag aber natürlich nicht hierin, sondern in dem Auffinden des oder der vielleicht vorhandenen Solaninbildner, und so machte ich mich denn an die Aufgabe, alle die 13 oben erwähnten Bacterien auf eventuelle Solaninbildung zu prüfen.

1) Die Verantwortung hiefür bleibt natürlich den Autoren, die obigen Untersuchungen in meinem Institute ausgeführt haben.

Forst

Zwei Möglichkeiten waren hier zu berücksichtigen: entweder entwickeln sich die betreffenden Mikroorganismen in specifischer Weise nur auf solaninhaltigem Nährboden und erzeugen zu dem alten noch neues Solanin, oder aber sie bedürfen des Solanins nicht.

Unter Berücksichtigung der ersten Möglichkeit wurden in zwei steril gemachte grosse Doppelschalen Kartoffeln so vertheilt, dass die eine Hälfte der nämlichen Kartoffel in die eine, die andere in die zweite Glasschale zu liegen kam. Damit wurde solange fortgefahren, bis sich in beiden Schalen je 500 g geschälte Kartoffelscheiben befanden. Dieselben wurden dann drei Stunden im strömenden Dampf sterilisirt, die einen 500 g mit je einem der 13 Bacillen geimpft, während mit den korrespondirenden anderen 500 g nach dem von Schmiedeberg und Meyer angegebenen Verfahren[1]) eine quantitative Solaninbestimmung ausgeführt wurde.

In gleicher Weise wurden die entsprechenden 500 g Kartoffeln, nachdem auf denselben eines der obigen Mikroorganismen durchschnittlich drei Wochen lang gewachsen war, behandelt.

Ich hoffte durch Vergleich der in den geimpften Kartoffeln gefundenen Solaninmenge mit der ungeimpften zu erkennen, ob einer der gefundenen Bacillen und welcher im Stande sei, den Solaningehalt zu steigern. Die gefundenen Zahlen jedoch, die bei den geimpften häufig einen niedereren Solaningehalt ergaben als bei den ungeimpften, belehrten mich bald, dass die feste Kartoffel, da sich die Bacillen hier doch nur auf der Oberfläche entwickeln können, nicht der geeignete Nährboden sein konnte. Ein flüssiges Nährmedium, das die Bacillen völlig durchdringen und in dem dieselben ungehindert wachsen können, liess einen Gehalt von vielleicht nur Milligramm des glycosidischen Alcaloïds eher ermitteln.

Auf den Rath von Professor E. Levy stellte ich mir folgendes Kartoffelwasser her, das den Vortheil hatte, wohl die zum Aufbau des Solanins nöthigen Stoffe in Lösung, nicht aber reines Solanin zu enthalten.

1) Archiv f. experimentelle Pathologie u. Pharmakologie, Bd. 36, 1896.

Im Hinblick darauf, dass das Solanin in kaltem Wasser so gut wie unlöslich ist, versetzte ich 500 g rohe, sorgfältig geschälte und dann geriebene Kartoffeln mit ebensoviel kaltem Wasser, liess dieselben zwei Stunden unter öfterem Umrühren maceriren, presste dann ab, stellte die Colatur bei Seite bis die Stärke sich abgesetzt hatte und ergänzte alsdann das Filtrat, das die in kaltem Wasser löslichen Substanzen von 500 g Kartoffeln enthielt, auf 1 l.

Das Kartoffelwasser wurde dann eine Stunde lang im gespannten Dampfe bei 120° sterilisirt, es war völlig klar, von dunkelbrauner Farbe und sauerer Reaction.

Von 20 l solchen Kartoffelwassers wurden 13 mit den oben erwähnten Mikroorganismen geimpft, während die noch übrigen 7 l auf einen eventuellen Gehalt von geringen Mengen Solanins in folgender Weise untersucht wurden:

Nachdem ich dieselben im Wasserbade zur Extractdicke eingedampft hatte, wurde der Rückstand mit schwefelsäurehaltigem Wasser aufgenommen, nach 24 stündigem Stehen abfiltrirt und das Filter sorgfältig mit schwefelsäurehaltigem Wasser nachgewaschen.

Das Filtrat dampfte ich dann unter Zusatz von nur soviel Ammoniak, dass die Flüssigkeit noch schwach sauer reagirte, zur Syrupconsistenz ein und übersättigte alsdann mit Ammoniak. Nach 48 Stunden wurde abfiltrirt, der Niederschlag auf dem Filter gesammelt, möglichst lange mit ammoniakhaltigem Wasser ausgewaschen und mit heissem 96 proc. Alkohol aufgenommen. Nach Auskrystallisirung des Asparagins wurde die alkoholische Lösung concentrirt und in einem gewogenen Glasschälchen verdunstet. Es hinterblieb kein Rückstand. Denn 3 ccm heissen Alkohols, womit das Wägeröhrchen ausgespült wurde, blieben, auf concentrirter Schwefelsäure geschichtet, völlig klar.

Das Kartoffelwasser enthielt mithin kein Solanin.

Weitere 5 l, die 2 Monate lang ungeimpft bei den geimpften Kolben standen, sollten den Beweis dafür erbringen, dass in denselben nicht durch intramoleculare Umlagerung Solanin entstanden war. Das Ergebnis war das gleiche wie oben.

Nach achtwöchentlichem Verweilen bei 15 bis 16° war von den 13 Kolben in 12 reichliches Wachsthum erfolgt unter Bildung eines dicken, weissen Bodensatzes, einige Bacillen hatten eine rostfarbige Veränderung des Kartoffelwassers verursacht. Nur der mit Bacterium villosum Tataroff geimpfte Kolben war steril geblieben und blieb es auch bei wiederholter Impfung, was wohl auf die sauere Reaction des Nährmediums zurückzuführen sein wird.

In den meisten der geimpften Kolben, in denen nach der soeben beschriebenen Methode auf »neugebildetes« Solanin untersucht wurde, konnten nicht einmal Spuren des glycosidischen Alcaloïds nachgewiesen werden.[1]) Es verblieb zwar nach dem Verdunsten des Alkohols, der das Solanin enthalten musste, im Wägeröhrchen häufig ein harziger Rückstand, der jedoch keine der Identitätsreactionen des Solanins ergab. Nach dem Verdunsten des alkoholischen Auszugs aus dem mit den beiden zuletzt beschriebenen Bacterien geimpften Kartoffelwasser verblieb ebenfalls eine geringe Menge eines harzigen Rückstandes, der sich nur unvollkommen in heissem Alkohol wieder löste und beim abermaligen Verdunsten als hornartige Masse zurückblieb.

Letztere konnte als Solanin identificirt werden:

1. durch die schön himbeerrothe Färbung, die eintrat, nach Auflösung eines Theiles der solaninverdächtigen Masse in Selenschwefelsäure, gelindem Erwärmen und darauffolgendem ruhigen Stehen;
2. durch die rothe Zwischenzone, die entsteht beim Schichten der alkoholischen Lösung auf concentrirte Schwefelsäure.

Zur quantitativen Bestimmung der unter dem Einfluss der Bacillen entstandenen Solaninmenge impfte ich mit beiden Bacillen je 6 l Kartoffelwasser. Nach Verlauf von zwei Monaten war in sämmtlichen Kolben reiche Entwickelung erfolgt.

---

1) Während die Extracte des ungeimpften Kartoffelwassers mit Leichtigkeit filtrirten, verursachte das Filtriren der mit gummösen Stoffen erfüllten Extracte aus dem Kartoffelwasser, in dem die Bacillen sich entwickelt hatten, grosse Schwierigkeiten.

Aus den 6 l der mit Bact. Nr. 12 geimpften Brühe erhielt ich 0,041 g Solanin, das durch die oben erwähnten Reactionen abermals identificirt wurde. Aus der gleichen Menge der mit Nr. 13 geimpften Brühe gewann ich 0,073 g Solanin.

Von theoretischem Interesse ist noch die Frage, ob die beiden Mikroorganismen das Alcaloïd fertig gebildet, intracellulär enthalten oder gar im Stande sind den complicirten Körper von der Formel C 42 H 75 N O 15 aufzubauen.

Zur Beantwortung der Frage, worauf mich Herr Professor Schmiedeberg aufmerksam zu machen die Freundlichkeit hatte, impfte ich mit beiden Bacillen je 1 l Löffler'sche Bouillon, worin sich dieselben ebenso gut entwickelten, wie im Kartoffelwasser. Die nach zwei Monaten ausgeführte Untersuchung der Nährflüssigkeit ergab nach Verdunstung des Alkohols einen starken Rückstand weisser, wohl aus der Bouillon stammender Stoffe, die aber keine der typischen Farbenreactionen ergaben, was wohl als Beweis dafür dienen kann, dass die Bacillen das Alcaloïd nicht in fertigem Zustande in ihren Zellen enthalten.

Auf die beschriebenen Eigenschaften von Nr. 12 und 13 hin haben wir ihnen den Namen Bacterium Solaniferum non colorabile und colorabile gegeben. Ich möchte jedoch betonen, dass das letztere wohl den hauptsächlichsten Solaninbildner darstellt.

Durch vorstehende Arbeit glaube ich die Richtigkeit der Vermuthung Schmiedeberg's und Meyer's, dass der hohe Solaningehalt der Kartoffeln ein bacterielles Product sei, bewiesen zu haben.

Dadurch verliert aber auch die Annahme, dass das direct nach der Ernte in den Kartoffeln vorhandene Solanin ein Erzeugnis, vielleicht ein Drüsensecret der Kartoffel selbst sei, sehr an Wahrscheinlichkeit. Auch diese geringe Solaninmenge dürfte ein Ablagerungsproduct von Stoffen sein, die direct oder indirect von den Solaninbildnern hervorgebracht worden sind.

Dafür spricht namentlich der Sitz des meisten Solanins in der Kartoffelschale. Bekanntlich ist dieselbe mit Millionen von Spaltöffnungen versehen; durch diese können die Solaninbildner in die Epidermis eindringen und dorten das Solanin ablagern.

Wird das Parenchym lockerer und treten aus irgend einem Grunde krankhafte Veränderungen in der Kartoffel selbst auf, dann wandern sie in das Innere und verursachen in der Kartoffel selbst die auffallende Steigerung des Solaningehaltes.

Diese unsere Auffassung wäre nur dann hinfällig, wenn es gelänge, Solanin in Kartoffeln nachzuweisen, die in einer von Solaninbildnern freien Erde gewachsen sind.

Versuche in dieser Richtung, zu welchen mich Prof. Forster aufforderte, bilden die nächste Aufgabe.

Strassburg, im März 1900.

Ueber die Verwendung des von Hesse und Niedner empfohlenen Nährbodens bei der bacteriologischen Wasseruntersuchung.

Von

Dr. Paul Müller,
Assistenten am Institute.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Graz.)

In ihrer Arbeit: »Die Methodik der bacteriologischen Wasseruntersuchung[1]) haben Hesse und Niedner die wichtige Thatsache festgestellt, dass unsere gewöhnlich angewendeten Cultursubstrate, speciell die alkalische Fleischinfus-Peptongelatine durchaus nicht den geeignetesten Nährboden für die im Wasser vorhandenen bacteriellen Keime darstellen, dass vielmehr gerade der Zusatz der Fleischbrühe das Auskeimen der Wasserbacterien wesentlich behindert. Systematisch angestellte Versuche, einen geeigneteren Nährboden für dieselben aufzufinden, führten die beiden Autoren schliesslich auf ein ausserordentlich einfach herzustellendes — und daher in seiner Zusammensetzung auch leicht constant zu erhaltendes — Nährmedium, auf welchem im Durchschnitt etwa 20mal soviel Wasserkeime zur Entwickelung gelangen, als auf der gebräuchlichen Gelatine, und welches sie daher zur allgemeinen Verwendung bei bacteriologischen Wasseruntersuchungen empfehlen zu dürfen glauben. Neben Wasser und Agar-Agar enthält der

---

1) Zeitschr. f. Hygiene, 1898, Bd. 29.

neue Nährboden als einzigen Bestandtheil eine Albumose, welche aus der chemischen Fabrik Heyden in Radebeul bei Dresden stammt und sich unter dem Namen »Nährstoff Heyden« im Handel befindet. Eine Correctur der Reaction dieses Nährbodens ist, da die genannte Albumose vollkommen neutral reagirt, nicht nöthig, ebenso wenig ein Zusatz von irgend welchen Salzen.

Es kann nun gewiss keinem Zweifel unterliegen, dass dieser neue Nährboden für die Bacteriologie des Wassers einen ausserordentlichen Fortschritt bedeutet, und deshalb von allen jenen, die sich mit dem Studium der Wasserbacterien beschäftigen, mit Freuden begrüsst werden dürfte. Ob jedoch die Einführung dieses neuen Nährsubstrates in die Technik der hygienischen Wasseruntersuchung, bei der es sich nicht um den bacteriologischen Befund an und für sich, sondern um dessen Verwerthung für die Beurtheilung der Qualität des Wassers handelt, einen gleich grossen Fortschritt bedeuten würde, ist eine andere Frage, welche nicht ohne Weiteres bejaht werden kann.

Freilich, stünden wir heute noch auf dem Standpunkte, dass die Zahl der im Wasser vorhandenen Keime oder Bacterienarten von ausschlaggebender Bedeutung für die Güte desselben ist — ein Standpunkt, der in der ersten Zeit des Aufblühens der Bacteriologie von den meisten Autoren vertreten wurde — dann wäre über den Werth des neuen Nährbodens, der uns die Anwesenheit von Keimen im Wasser enthüllt, die auf den bisher üblichen Nährsubstraten gar nicht zur Entwickelung gelangten, nicht weiter zu discutiren. So liegen aber heute die Verhältnisse nicht mehr. Wir wissen jetzt, dass es so ausserordentlich viele Möglichkeiten gibt, wie völlig harmlose Bacterien in reines Wasser hineingelangen und sich daselbst unter Umständen bedeutend vermehren können, dass auf die absolute Keimzahl nur mit grosser Vorsicht Schlüsse aufgebaut werden können. Hiemit ist natürlich nicht gesagt, dass die bacteriologische Wasseruntersuchung nun überflüssig geworden sei. Es hat sich vielmehr nur ihre principielle Bedeutung geändert: sie ist von einer rationellen Methode, die sie ursprünglich zu sein schien, zu einer rein empirischen geworden. Durch vielfache wiederholte Erfahrung hat sich ergeben, dass ein

Wasser, das auf unseren bisher gebräuchlichen Nährböden dauernd keimarm erscheint, im Allgemeinen als hygienisch unverdächtig betrachtet werden kann, während im Gegentheil ein dauernd hoher Bacteriengehalt jedenfalls zur Vorsicht mahnt und dazu auffordert, nach den Quellen der etwaigen Verunreinigung zu fahnden. Dabei ist man sich wohl bewusst, dass in der Verwendung eines Nährbodens, der wie man schon lange weiss, für die anspruchslosen Wasserbacterien nicht grade der günstigste ist, eine gewisse nicht zu vermeidende Willkür liegt, welche jedoch, da es sich, wie gesagt, um eine rein empirische Methode handelt, theoretisch ganz ohne Bedenken ist und durch die vielfältige Benützung ihre Sanction erhalten hat.

Soll nun aber an Stelle der alten, erprobten Nährböden ein neuer in die Technik der Wasseruntersuchung eingeführt werden, so ist es nach dem Gesagten klar, dass es für denselben nicht ohne Weiteres als Empfehlung gelten kann, wenn auf ihm eine grössere Zahl von Bacterien zur Entwickelung gelangt, dass es vielmehr nothwendig ist, die mit demselben erhaltenen Resultate vorerst mit den Ergebnissen der älteren Methode zu vergleichen und zu untersuchen, ob sich thatsächlich derartige Vorzüge vor derselben herausstellen, dass diese Neuerung gerechtfertigt erscheint. —

Ich habe nun auf Anregung von Herrn Prof. Prausnitz eine Reihe von Versuchen in dieser Richtung angestellt, über welche ich im Folgenden kurz berichten möchte. — Der Gang der Versuche war der, dass mit gleichen Mengen des vorliegenden Wassers (resp. des in Bouillon oder Kochsalzlösung aufgeschwemmten Bacterienmaterials) in der üblichen Weise Platten von den verschiedenen in Betracht kommenden Nährböden (Bouillon-Gelatine oder -Agar und Hesse und Niedner's Agar) gegossen wurden, welche in den folgenden Tagen wiederholt (mit der Lupe) gezählt, und meist bis zum 12—13 Tag beobachtet wurden. Ueber diese Zeit hinaus wurde die Beobachtung nicht fortgesetzt, da sich nach den ersten Vorversuchen bald herausgestellt hatte, dass nach dem 12.—13. Tag nur mehr ganz vereinzelte Colonien auftauchen, entsprechend den Angaben von Hesse und Niedner, nach welchen

90% aller überhaupt zur Entwickelung gelangenden Keime bereits in den ersten 10 Tagen zu Colonien auswachsen.

Die ersten Versuche wurden mit dem Wasser der Grazer Wasserleitung ausgeführt und ergaben in der That sofort eine vollkommene Bestätigung der Angaben von Hesse und Niedner. Wie aus den Tabellen I und II hervorgeht, waren auf dem neuen Nährboden (derselbe sei in den Tabellen der Kürze wegen als »Albumosenagar« bezeichnet, während unter dem Namen Lakmus- oder Phenolphthaleïnagar bezw. -Gelatine die entsprechenden Bouillon-Pepton-Nährböden verstanden seien, deren alkalische Reaction mit Hilfe von Lackmus resp. Phenolphthaleïn hergestellt wurde) mehr als 20mal soviele Keime aufgegangen, als auf dem gebräuchlichen alkalischen Agar.

Tabelle I.

Leitungswasser, nach längerem Stehen im Rohre entnommen 30. III. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	2 ccm Lakmus-Agar		2 ccm Albumosen-Agar (Hesse und Niedner)	
3.	2. IV.	97	84	1 638	1 764
4.	3. IV.	125	100	2 457	2 598
6.	5. IV.	131	100	2 600	2 700
12.	11. IV.	148	101	3 110	3 020
				(sehr viele feinste, kaum mit der Lupe zählbare Colonien)	

Tabelle II.

Leitungswasser, nach längerem Stehen im Rohre entnommen. 1. IV. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Agar		1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	3. IV.	10	10	131	120
3.	4. IV.	13	14	187	170
5.	6. IV.	14	15	412	380
11.	12. IV.	16	15	609	559
13.	14. IV.	17	15	609	560

Bei dieser Beobachtung drängt sich uns sofort die Frage auf, wodurch denn eigentlich diese Differenz der Keimzahl auf den beiden Nährböden bedingt sei: A priori waren ja verschiedene

Möglichkeiten denkbar. Es konnten sich auf denselben zwar die gleichen Bacterienarten entwickelt haben, aber auf dem geeigneteren Nährboden mehr Individuen jeder einzelnen Art, was mit Rücksicht darauf, dass sich in Bacterienculturen und daher wohl auch im Wasser regelmässig neben vollkräftigen Individuen auch lebensschwache und absterbende vorfinden, die vielleicht auf dem günstigeren Nährsubstrat eben noch die Bedingungen zur Vermehrung gefunden haben mochten, als nicht ganz ausgeschlossen betrachtet werden konnte. Eine zweite Möglichkeit war die, dass auf dem neuen Nährboden eine grössere Zahl von Bacterienarten zum Auskeimen gelangt, und drittens endlich war es denkbar, dass beide erwähnten Faktoren gleichzeitig miteinander in Action getreten waren, und sich so gegenseitig in ihrer Wirksamkeit unterstützt hatten.

Es war nicht schwer, durch vergleichende Experimente mit Reinculturen Aufschluss über diese Frage zu erhalten. Die Versuche (Tab. III—VI), die mit bact. coli comm. und mit bac. fluoresc. liquef., also mit zwei nicht selten im Wasser anzutreffenden Bacterienarten, ausgeführt wurden, ergaben das eindeutige Resultat, dass ein wesentlicher Unterschied in dieser Hinsicht zwischen den beiden Gruppen von Nährböden [alkalischen Bouillon-Nährböden (Gelatine und Agar) und Albumosen-Agar] nicht besteht, und dass also bei gleich grosser Aussaat auch ziemlich die gleichen Mengen von Keimen auf denselben zur Entwickelung gelangen.

Tabelle III.

Bacterium coli commune. Aussaat 22. II.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,1 ccm Phenolphthaleïn-Gelatine		0,1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	24. II.	225	208	188	186
4.	26. II.	282	256	236	243
5.	27. II.	290	264	248	254
8.	2. III.	298	275	249	250
12.	6. III.	299	262	249	252
15.	13. III.	—	—	253	252
				Colonien auch am 15. Tag noch sehr klein, punktförmig	

Tabelle IV.

Bacterium coli commune. Aussaat 1. III.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,2 ccm Phenolphthaleïn-Gelatine		0,2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	3. III.	392	368	322	295
4.	5. III.	450	425	322	308
5.	6. III.	478	459	331	338
8.	9. III.	492	463	364	355
12.	13. III.	490	462	404	385
15.	16. III.	493	462	406	380
				Colonien auch am 15. Tag sehr klein, schwer zählbar	

Tabelle V.

Fluorescens liquefaciens. Aussaat 1. III.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,1 ccm Phenolphthaleïn-Agar		0,1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	3. III.	292	262	—	—
4.	5. III.	318	304	285	246
7.	8. III.	351	333	318	288
9.	10. III.	340	343	328	316
12.	13. III.	341	345	336	322
15.	16. III.	341	350	335	336
		Am 3. Tag deutliche Farbstoffbildung		Col. sehr klein; auch am 15. Tag noch keine Spur v. Fluorescenz	

Tabelle VI.

Fluorescens liquefaciens. Aussaat 4. III.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,2 ccm Phenolphthaleïn-Agar		0,2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.	
2.	6. III.	410	417	—	—
3.	7. III.	509	510	461	382
4.	8. III.	572	626	472	427
5.	9. III.	579	635	507	457
7.	11. III.	589	635	535	479
9.	13. III.	620	668	565	530
12.	16. III.	628	678	590	541
		Am 3. Tag bereits deutliche Farbstoffbildung		Col. am 12. Tag noch sehr klein, keine Spur v. Farbstoffbildung	

Da einer Verallgemeinerung dieses vorderhand nur für zwei Species nachgewiesenen Verhaltens wohl kaum ernstliche Bedenken entgegenstehen, so wird man mithin annehmen müssen, dass der Albumosen-Agar einer weit grösseren Zahl von Bacterienarten zusagt, als unsere gewöhnlich verwendeten Nährböden, und dass dies der einzige Grund ist, weshalb das Wasserleitungswasser bei Anwendung desselben um soviel keimreicher erscheint.

Als mehr nebensächlicher Befund, der sich bei diesen Versuchen ergab, sei nur kurz hervorgehoben, dass die auf dem Albumosenagar gewachsenen Colonien der beiden geprüften Bacterienarten auch nach 15 Tagen noch auffallend klein, stellenweise sogar punktförmig geblieben waren, und dass es bei bact. fluoresc., wahrscheinlich wegen des Fehlens der alkalischen Reaction (der Albumosen-Agar reagirt neutral) zu keiner Spur von Farbstoffbildung gekommen war. —

Wie aus Tabelle I und II ersichtlich ist, war das Wasserleitungswasser, das zu diesen Versuchen verwendet wurde, vor der Entnahme längere Zeit (über Nacht) in den Leitungsröhren gestanden. Da unter diesen Bedingungen eine lebhafte Vermehrung der Wasserbacterien stattgefunden haben konnte, welche, aller Voraussicht nach, wohl nicht alle anwesenden Bacterienarten in gleichem Maasse betroffen haben konnte, so war es von Interesse, zu ermitteln, ob und in welcher Weise sich das Verhältniss der auf den beiden Nährböden erhaltenen Keimzahlen beim Stehen des Wassers verändert. Zu diesem Zwecke wurde das (über Nacht gestandene) Leitungswasser durch 5, 15 und 20 Minuten im vollen Strahl laufen gelassen, und nach diesen Zeitpunkten die Proben zur Untersuchung entnommen. Die Ergebnisse derselben finden sich in Tab. VII—XI. —

Tabelle VII.

Leitungswasser 3. IV. 5 Minuten gelaufen. 3. IV. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Agar		1 ccm Albumosen-Agar (H.u.N.)	
2.	5. IV.	11	11	167	138
3.	6. IV.	14	12	310	359

(Fortsetzung zu Tabelle VII.)

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Agar		1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
5.	8. IV.	19	15	357	403
9.	12. IV.	19	20	598	656
12.	15. IV.	19	21	658	693

Tabelle VIII.

Leitungswasser, 5 Minuten laufen gelassen. Aussaat 17. III. 1899.

Tag nach der Aussaat	Datum	2 ccm Phenolphthaleïn-Agar		2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	19. III.	12	12	18	23
3.	20. III.	25	22	93	85
5.	22. III.	32	25	321	320
7.	24. III.	32	38	468	452
10.	27. III.	35	40	485	456
14.	31. III.	34	41	488	432

Tabelle IX.

Leitungswasser, 15 Minuten laufen gelassen. Aussaat 17. III. 1899.

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Gelatine		1 ccm Phenolphthaleïn-Agar		1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
3.	23. III.	6	4	6	8	30	36
4.	21. III.	10	verflüssigt	8	11	71	62
10.	27. III.	verflüssigt	»	19	20	118	140
15.	1. IV.	»	»	19	20	146	148

Tabelle X.

Leitungswasser, 15 Minuten gelaufen. 15. III. 1899.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,5 ccm Phenolphthaleïn-Agar		0,5 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
3.	18. III.	—	—	14	18
4.	19. III.	2	4	33	29
5.	20. III.	4	4	105	87
10.	25. III.	14	9	124	96
15.	30. III.	14	9	125	96

Tabelle XI.

Leitungswasser, 20 Minuten gelaufen. 5. IV. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	2 ccm Lakmus-Gelatine		2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	7. IV.	21	27	—	—
3.	8. IV.	54	52	118	99
7.	12. IV.	54	52	266	212
9.	14. IV.	—	—	330	317
12.	17. IV.	—	—	330	320

Tabelle XII.

Leitungswasser, 25 Minuten gelaufen. 20. IV. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	2 ccm Lakmus-Agar		2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	22. IV.	23	25	25	26
3.	23. IV.	31	27	37	42
5.	25. IV.	32	38	122	107
7.	27. IV.	38	46	236	192
12.	2. V.	39	49	316	295

Entnehmen wir nun aus diesen Tabellen die mittleren Verhältnisszahlen, welche angeben, um wieviel mehr Keime auf dem Albumosen-Agar zur Entwickelung gelangen als auf den gewöhnlichen Nährböden, so erhalten wir die folgende, sehr instructive Zusammenstellung:

Leitungswasser,	längere Zeit gestanden	24,7
		36,5
»	5 Minuten gelaufen	33,2
		12,4
»	15 Minuten gelaufen	7,4
		9,1
»	20 Minuten gelaufen	6,1
»	25 » »	6,8

Unter Umständen — besonders dürfte dabei die Temperatur des Wassers in Betracht kommen, — können die in Rede stehenden Verhältnisszahlen sogar noch bedeutend höhere Werthe annehmen. Aber auch dann sinken dieselben beim längeren Laufen des Wassers wieder stark ab, wie Tab. XIII und XIV lehrt.

Tabelle XIII.

Leitung, längere Zeit gestanden. 27. IV. 1900, 10 Uhr Vormittag.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,5 ccm Lakmus-Agar		0,05 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
3.	30. IV.	43	58	12	15
5.	2. V.	56	62	118	187
6.	3. V.	—	—	510	596
9.	6. V.	61	62	510	596
12.	9. V.	61	62	562	681

Tabelle XIV.

Leitung, 25 Minuten gelaufen. 27. IV. 1900, 10 Uhr 25 Min. Vormittag.

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Agar		0,5 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
3.	30. IV.	6	3	19	26
5.	2. V.	11	5	136	101
6.	3. V.	11	6	163	170
9.	6. V.	11	9	172	190
12.	9. V.	11	9	174	191

Die Zahlen sind hier für gestandenes Wasser: 97,7
für 25 Minuten gelaufenes 36,5.

Bei einem weiteren, am 3. V. angestellten Versuche ergaben sich als Verhältniszahlen
für das in den Röhren gestandene Wasser: 200,0
für 30 Minuten lang gelaufenes: 28,7.

Es geht also aus dieser Zusammenstellung unzweifelhaft hervor, dass das einige Zeit lang gestandene Wasser gegenüber dem laufenden relativ viel reicher an solchen

Bacterien ist, welche auf unseren bisher gebräuchlichen Nährböden nicht zu gedeihen vermögen, mit anderen Worten, dass es gerade diese Bacterien sind, welche sich beim Stehen des Wassers in den Leitungsröhren am ausgiebigsten vermehren, wie man wohl annehmen darf aus dem Grunde, weil sie als anspruchslose, eigentliche »Wasserbacterien« ihrem Medium am besten angepasst sind. —

Bei dem Wasser zweier Pumpbrunnen (Tab. XV und XVI) erhielten wir als Verhältnisszahlen der auf beiden Nährböden gewachsenen Keime 9,5 und 9,0, also Werthe, die etwa 5—15 Minuten gelaufenem Leitungswasser entsprechen.

Tabelle XV.

Brunnen, Goethestrasse Nr. 26. 3. IV. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	2 ccm Lakmus-Agar		2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	5. IV.	3	8	8	24
3.	6. IV.	5	11	30	45
5.	8. IV.	22	27	79	111
9.	12. IV.	26	32	242	272
12.	15. IV.	26	32	268	286

Tabelle XVI.

Brunnen, Goethestrasse Nr. 28, 3. IV. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	2 ccm Lakmus-Agar		2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	5. IV.	16	13	13	23
5.	8. IV.	20	17	113	130
9.	12. IV.	23	17	174	185
12.	15. IV.	22	17	175	185

Wir haben uns bis jetzt nur mit dem Verhalten reinen, hygienisch vollkommen einwandsfreien Wassers beschäftigt. Da es jedoch für unsere Frage von grosser Wichtigkeit ist, zum Vergleiche auch entschieden verunreinigtes Wasser in die Untersuchung mit einzubeziehen, so

haben wir eine Reihe von Versuchen mit Flusswasser (Murwasser), mit dem Wasser eines (durch Wäschereien) stark verunreinigten Mühlganges, und mit dem Wasser eines Baches angestellt, in welchen sich während seines Laufes durch die Stadt die Haushaltungsabwässer der anliegenden Häuser ergiessen. (Tabelle XVII—XXIII).

Tabelle XVII.

Murwasser, 10 fach verdünnt. Aussaat 15. III. 1899.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,2 ccm Phenolphthaleïn-Agar		0,2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	17. III.	72	53	42	66
3.	18. III.	104	100	108	166
5.	20. III.	130	135	304	407
8.	23. III.	130	156	405	473
14.	29. III.	überwuchert durch einen Fluorescens	156	462	476

Tabelle XVIII.

Murwasser, 20 fach verdünnt. Aussaat 23. III. 1899.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,2 ccm Lakmus-Gelatine		0,2 ccm Phenolphthaleïn-Agar		0,2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
4.	27. III.	74	79	44	67	164	192
6.	29. III.	102	115	58	88	247	259
13.	5. IV.	verflüssigt	verflüssigt	102	125	285	308

Tabelle XIX.

Murwasser, 20 fach verdünnt. Aussaat 25. III. 1899.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,1 ccm Phenolphthaleïn-Agar		0,1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
4.	29. III.	25	17	51	99
6.	31. III.	31	29	96	107
13.	7. IV.	47	44	138	150

Tabelle XX.

Murwasser, 20fach verdünnt. Aussaat 16. III. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,5 ccm Lakmus-Gelatine		0,5 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	18. III.	14	12	22	16
4.	20. III.	26	23	42	28
6.	22. III.	41	32	59	35
9.	25. III.	—	—	90	57
12.	28. III.	—	—	92	78

Tabelle XXI.

Grazbachwasser (Seite). Aussaat 2. IV. 20fache Verdünnung.

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Agar		1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
1.	3. IV.	177	171	133	116
2.	4. IV.	441	390	533	512
5.	8. IV.	440	396	777	860
12.	14. IV.	—	—	819	899

Tabelle XXII.

Grazbachwasser (Mitte). Aussaat 2. IV. 20fache Verdünnung.

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Agar		1 ccm Albumosen-Agar	
1.	3. IV.	151	161	—	—
2.	4. IV.	215	166	204	199
4.	6. IV.	216	überwuchert	335	367
13.	15. IV.	216	—	406	445

Tabelle XXIII.

Mühlgangwasser, 20fach verdünnt. 3. IV.

Tag nach der Aussaat	Datum	1 ccm Lakmus-Agar		1 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	5. IV.	80	55	90	88
5.	8. IV.	103	87	141	150
8.	11. IV.	113	103	168	179
12.	15. IV.	114	102	169	179

Da die absoluten Keimzahlen dieser Wässer voraussichtlich sehr hohe waren, so wurden die Proben erst mit sterilem destillirten Wasser auf das 20fache verdünnt, ehe davon Platten gegossen wurden. —

Stellen wir nun, wie früher für das Leitungswasser, auch hier die erhaltenen relativen Keimzahlen übersichtlich zusammen, so haben wir:

für Murwasser	3,3
	2,6
	5,3
	2,3
» Grazbachwasser	2,0
	1,9
» Mühlgangwasser	1,6

d. h. also, es finden sich in stark verunreinigten Wässern relativ noch weniger von jenen nur auf den Albumosen-Agar gedeihenden Keimen, als etwa im längere Zeit gelaufenen Leitungswasser oder im Brunnenwasser.

Dasselbe Resultat erhält man, wenn man die Versuche direct mit jenen Materialien anstellt, welche als Verunreinigung des Wassers am meisten zu fürchten sind, und deshalb vom hygienischen Standpunkte das grösste Interesse beanspruchen nämlich mit Koth und mit zersetztem Urin. (Tab. XXIV—XXIX.) Die Differenzen zwischen den beiden Nährböden sind hier in einzelnen Fällen so gering, dass sie bereits innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Versuchsfehler fallen. —

Tabelle XXIV.

Alkalisch zersetzter Urin. 1 Oese auf 10 ccm Bouillon. Aussaat 30. III. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	Lakmus-Agar		Albumosen-Agar (H. u. N.)	
1.	31. III.	89	85	120	134
2.	1. IV.	142	137	165	149
5.	4. IV.	144	141	167	150
9.	8. IV.	144	152	169	150
12.	11. IV.	148	155	169	148

Tabelle XXV.

Alkalisch zersetzter Urin. 3 Oesen auf 10 ccm Bouillon. Aussaat 28. III. 1900.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,2 ccm Lakmus-Agar		0,2 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	30. III.	2 205	2 016	1 148	1 089
4.	1. IV.	2 583	2 310	1 243	1 155
11.	8. IV.	2 646	2 520	1 270	1 200

Tabelle XXVI.

1 Oese Fäces in Bouillon aufgeschwemmt; mit je 0,5 ccm Platten gegossen. Aussaat 16. III.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,5 ccm Lakmus-Gelatine		0,5 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	18. III.	100	137	174	180
3.	19. III.	164	185	—	—
4.	20. III.	167	182	218	221
5.	21. III.	170	180	—	—
6.	22. III.	—	—	218	224
10.	26. III.	—	—	216	220

Tabelle XXVII.

3 Oesen Fäces in Bouillon aufgeschwemmt, 10fach verdünnt. 10. IV.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,5 ccm Lakmus-Agar		0,5 ccm Albumosen-Agar (H. u. N.)	
2.	12. IV.	2	3	3	3
3.	13. IV.	3	3	3	5
4.	14. IV.	3	3	3	5
7.	17. IV.	3	3	4	5

Tabelle XXVIII.

Fäces. 11. IV.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,5 ccm Lakmus-Gelatine		0,5 ccm Albumosen-Agar	
2.	13. IV.	495	561	—	—
5.	16. IV.	656	620	608	692
7.	18. IV.	700	761	611	692
12.	23. IV.	710	761	658	720

Tabelle XXIX.

Fäces. 11. IV.

Tag nach der Aussaat	Datum	0,5 ccm Lakmus-Gelatine		0,5 ccm Albumosen-Agar	
2.	13. IV.	45	44	57	48
5.	16. IV.	49	72	57	53
7.	18. IV.	61	81	60	53
12.	23. IV.	63	81	62	58

Die Ergebnisse aller dieser eben mitgetheilten Experimente können wir kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Auf dem »Albumosen-Agar« gedeihen weit mehr Arten von Wasserbacterien als auf den gebräuchlichen alkalischen Bouillonnährböden.

2. Die Differenz der auf beiden Nährböden erhaltenen Keimzahlen ist am grössten bei längere Zeit (über Nacht) gestandenem Leitungswasser, geringer bei laufendem Leitungswasser und bei Brunnenwasser, **am geringsten jedoch bei stark verunreinigten Wässern,** wie Flusswasser, Bachwasser etc. und bei Wasser, dem direct Koth oder zersetzter Harn beigemischt wurde.

Es erübrigt uns schliesslich noch die Aufgabe, auf Grund unserer so erweiterten Kenntnisse über die Eigenschaften des von Hesse und Niedner empfohlenen neuen Nährsubstrates an die Beantwortung der eingangs aufgeworfenen Frage heranzutreten.

Sind die Vorzüge des »Albumosen-Agars« vor den bisher gebräuchlichen Nährböden in der That so bedeutende, dass derselbe geeignet erscheint, sie aus der Technik der bacteriologischen Wasseruntersuchung zu verdrängen? Angesichts der Ergebnisse unserer Versuche kann man diese Frage, wie ich glaube, nur mit Nein beantworten. Denn ein Nährboden, der, wie der vorliegende, gerade die in reinem unverdächtigen Wasser lebenden und sich reichlich vermehrenden Bacterienarten vor allen anderen begünstigt, vermag die zwischen gutem und schlechtem Wasser in bacteriologischer Hinsicht bestehenden Unterschiede eher zu verschleiern als aufzudecken. Geringe Beimengungen von Harn,

Koth oder anderen Verunreinigungen zum Wasser, welche ja gerade in der Praxis eine grosse Rolle spielen, und welche von unseren gebräuchlichen Nährsubstraten mit grosser Deutlichkeit angezeigt werden, werden auf dem Albumosen-Agar keine in die Augen fallende Veränderungen des bacteriologischen Befundes hervorrufen können, da derselbe von der grossen Menge der harmlosen und für die hygienische Beurtheilung des Wassers bedeutungslosen Wasserbacterien vollkommen beherrscht wird. Umgekehrt wird ein völlig untadelhaftes Wasser, wenn es zufällig mehr von jenen Wasserbacterien enthält, die auf den Bouillonnährböden nicht auskeimen, unter Umständen schon als verunreinigt imponiren müssen, wenn man sich bei der Untersuchung des Albumosenagars bedient.

Dieser offenbare Nachtheil des neuen Nährbodens ist, wie ich glaube, wohl geeignet, dessen sonstige, gewiss nicht zu unterschätzende Vorzüge (leichte Herstellbarkeit, Constanz der Zusammensetzung) vollständig aufzuwiegen, umsomehr als wenigstens der letzteren Forderung, dass nämlich die Zusammensetzung des in Verwendung kommenden Nährbodens eine möglichst gleichmässige sein solle, durch Berücksichtigung des vom Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin gemachten Vorschlags[1]) auch für die gebräuchlichen Bouillonnährböden hinreichend Genüge geleistet werden kann.

Geringere Bedenken dürften der Verwendung des Hesse und Niedner'schen Agars entgegenstehen, wo es sich um die Beurtheilung der Leistungsfähigkeit von Filterwerken handelt. Ob sich hiebei jedoch wesentlich andre Resultate ergeben würden als bei Anwendung der gewöhnlichen alkalischen Gelatine, müsste erst durch besondere Versuche festgestellt werden, welche auszuführen mir nicht Gelegenheit geboten war.

Zum Schlusse drängt es mich, Herrn Professor Prausnitz für die Anregung zu dieser Arbeit meinen besten Dank auszusprechen.

1) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. 14, 1898, S. 161.

Ein neuer Apparat für die aräometrische Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit.

Von

Bezirksarzt Dr. **Markl.**

(Aus dem chemischen Laboratorium des k. und k. Militär-Sanitäts-Comités in Wien.)

Im XXXIV. Bande dieser Zeitschrift theilte ich das Princip einer Methode zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit mit, welche darin besteht, den Wassergehalt des Mörtels mit hochgradigem Alkohol aufzunehmen und aräometrisch zu bestimmen.

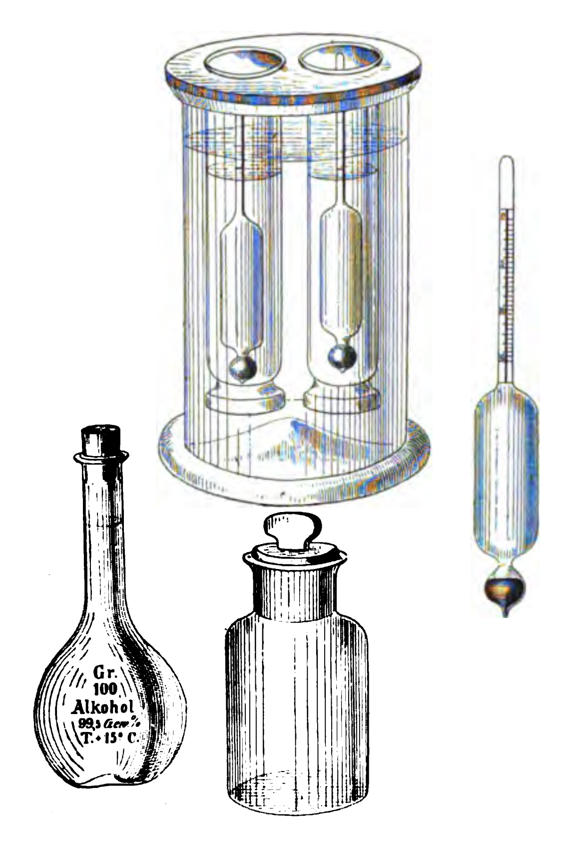
Auf Anregung des Herrn Obersanitätsrathes Professor Dr. Kratschmer habe ich nun diese Idee weiter verfolgt, und zwar in der Richtung, zur praktischen Ausführung dieser Methode einen möglichst einfachen Apparat zu construiren, mit dessen Hilfe man im Stande wäre, den Feuchtigkeitsgehalt des untersuchten Mörtels ohne zeitraubende Rechenoperationen direct in Procenten abzulesen.

Diese Frage glaube ich durch die Construction des in Abbildung vorliegenden, nach meiner Angabe von Herrn Greiner in München angefertigten Apparates gelöst zu haben.

Um mich von der Temperatur und von dem schwankenden Wassergehalte des zur Untersuchung zu verwendenden Alkohols unabhängig zu machen, liess ich zwei ganz gleiche Aräometer construiren, von welchen das eine den Wassergehalt des zur Probe angewandten Alkohols, das andere den Wassergehalt des Alkohols nach Aufnahme des Mörtelwassers bestimmt.

Aus der Differenz zwischen dem Stande beider Aräometer, der selbstverständlich bei gleicher Temperatur abgelesen werden muss, bringt man direct den Wassergehalt des Mörtels, in Procenten ausgedrückt, heraus.

Zu diesem Zwecke ist die Spindel des im Ganzen 18 cm langen Aräometers in 15 Theilstriche getheilt, welche die Procente



der Mörtelfeuchtigkeit ausdrücken und von welchen jeder je 0,2 Gewichtsprocenten Alkohols entspricht. Der oberste Theilstrich der Scala ist der Nullpunkt und drückt das spec. Gewicht von 0,79425 bei 15° C. aus.

Die einzelnen Theilstriche sind noch in Hälften getheilt und ist an diesen über 1,5 mm messenden Theilchen noch die Abschätzung eines $^1/_4$ möglich.

Es würde sonach das Instrument in einem vollkommen wasserfreien Alkohol vom spec. Gewicht 0,79425 bei 15° C. bis zu dem Nullpunkt untersinken, während es in einem 97 gewichtsprocentigen Alkohol bei dem Punkt 15 stehen bleibt. Behufs gleichmässiger Temperirung sind beide Aräometercylinder in ein Glasgefäss eingehängt, welches mit Wasser von 13 bis 17° C. gefüllt wird.

Die Untersuchung wird nun so ausgeführt, dass von dem zu untersuchenden Mörtel mittels einer Apothekerhandwaage genau 20 g abgewogen und ohne Verlust in ein ca. 150 ccm fassendes, mit eingeriebenem Glasstöpsel versehenes und lufttrockenes Schüttelglas eingebracht werden. Dann misst man mittels eines Messkolbens 100 g absoluten (jedenfalls über 99 gewichtsproc.) Alkohols[1]) ab, setzt denselben zu der abgewogenen Mörtelmenge zu und schüttelt sie damit kräftig durch 5 Minuten.

Dann wird mittels eines grossen Faltenfilters direct in einen der beiden Aräometercylinder filtrirt, und zwar in der Weise, dass man die ganze Menge des mit der Mörtelprobe versetzten Alkohols sammt dem Mörtel auf ein Mal auf das Filter bringt.

Dieses Vorgehen hat darin seine Begründung, dass die auf das Filter gebrachten Mörtelpartikelchen selbst als Filtermaterial für den Alkohol dienen und die Verstopfung des Papierfilters verhindern.

Auf diese Art geht das Filtriren ziemlich rasch vor sich und das Filtrat ist vollkommen klar.

Die zuerst durchgehende Portion muss selbstverständlich noch ein Mal auf das Filter zurückgebracht werden.

Eine stärkere Opalisation des alkoholischen Filtrates habe ich nur bei Untersuchung von sehr trockenen Mörtelproben, mit einem Wassergehalt unter 1 % beobachten können, doch scheint die Opalisation des Filtrates die Genauigkeit der Untersuchung

---

1) Der Messkolben wurde für 100 g eines 99,5 proc. Alkohols calibrirt, welcher Procentgehalt dem absoluten Alkohol des Handels gewöhnlich entspricht, die Differenz beim Abmessen eines etwas minder- oder mehrgradigen Alkohols übt übrigens auf das Ergebnis der Untersuchung keinen wesentlichen Einfluss aus.

nicht wesentlich zu beeinflussen, ganz abgesehen davon, dass man schon aus diesem Umstande auf die gute Austrocknung des Mörtels schliessen kann.

Der mit dem filtrirten Alkohol gefüllte Aräometercylinder wird sodann in den Wasserbehälter eingehängt, der andere Cylinder mit dem zur Probe benutzten Alkohol gefüllt, neben dem ersteren befestigt und beide Cylinder werden mit Aräometern beschickt.

Nun wartet man eine Weile ab, bis der Alkohol in beiden Cylindern die gleiche Temperatur angenommen hat und der Stand der Aräometer stabil bleibt, dann liest man an beiden Aräometern ab.

Beträgt z. B. die Differenz zwischen dem Stande beider Aräometer zwei Theilstriche, so enthält der untersuchte Mörtel 2 % Wasser, denn zwei Theilstriche am Aräometer entsprechen 0,4 gewichtsproc. Alkohol, und es hat sonach die untersuchte Mörtelmenge (20 g), welche mit 100 g Alkohol versetzt wurde, 0,4 g Wasser enthalten; daher enthalten 100 g Mörtel 0,4 · 5 = 2 g Wasser.

Durch die gewählte Theilung am Aräometer ist es ermöglicht, den gesammten Wassergehalt im Mörtelbewurfe eines Raumes selbst ohne Anwendung einer Waage approximativ zu erfahren.

Man braucht nur die Mörtelprobe mittels einer Stanze von bekanntem Flächeninhalte durch die ganze Dicke des Mörtelbewurfes bis auf die Steine zu entnehmen und die Differenz zwischen dem Stande beider Aräometer durch fünf zu dividiren, um zu erfahren, wie viel Gramm Wasser in der entnommenen Mörtelprobe, d. i. in einem Theile des gesammten Mörtelbewurfes, welcher, durch die Basis der Stanze begrenzt, die ganze Dicke des Mörtelbewurfes umfasst, enthalten ist. Kennt man die Mauernfläche des Raumes, so kann man durch einfache Multiplication berechnen, wie viel Wasser in dem gesammten Mörtelbewurfe des betreffenden Raumes enthalten ist.

Ich habe mit dem beschriebenen Apparate zahlreiche Untersuchungen von Mörtelproben, die ich der Liebenswürdigkeit der Herren Stadtbaumeister J. Schätz und Joh. Seitl verdanke, ausgeführt und stets Resultate erhalten, welche von den Ergebnissen

der gewichtsanalytischen Control-Untersuchungen, die nach der Emmerichschen Methode mein Freund Herr Pharm. Mag. Adam in der k. k. Wiener Lebensmitteluntersuchungsanstalt ausführte, kaum mehr als um $^1/_4$ % auseinandergingen.

Als Beispiel seien einige Untersuchungen angeführt:

Pat.-Nr.	Herkunft der Mörtelproben	Wassergehalt des Mörtels in Procent.	
		aräometrisch	gewichtsanalytisch
1.	Feinmörtelprobe, Prechtlgasse, III. Stock . . .	1,00	0,92
2.	Gemischtmörtel, Waschküche	1,50	1,24
3.	Feinmörtelprobe, Wienstrasse, Mezzanin . . .	1,50	1,50
4.	Feinmörtelprobe, Parterre	1,50	1,53
5.	Feinmörtelprobe, I. Stock	1,50	1,59
6.	Feinmörtelprobe, II. Stock	1,50	1,22
7.	Feinmörtelprobe, III. Stock	1,25	1,27
8.	Feinmörtelprobe, Hochparterre	2,00	2,26
9.	Kellermörtel, Schönbrunnerstrasse	9,75	9,70
10.	Feinmörtelprobe, Schönbrunnerstrasse, Parterre .	1,50	1,88
11.	Gemischtmörtelprobe, I. Stock	2,75	2,95
12.	Gemischtmörtelprobe, II. Stock	2,00	2,13
13.	Gemischtmörtelprobe, III. Stock	3,50	3,57
14.	Gemischtmörtelprobe, Mezzanin	3,50	3,50
15.	Gemischtmörtelprobe, altes Rathhaus, II. Stock .	1,00	0,74

Eine neue vereinfachte Untersuchungsmethode zur quantitativen Bestimmung der Salpetersäure im Trinkwasser[1].

Von

Dr. **N. Kostjamin,**

Jüngerem Arzt des 180. Windauer Regiments zu Fuss.

(Aus dem hygienischen Laboratorium des Wilnaer Militärkreises.)

Die Wichtigkeit der quantitativen Untersuchungen der Salpetersäure im Trinkwasser ist als genugsam bekannt vorauszusetzen und braucht nicht erst hier noch einmal besonders hervorgehoben und erläutert zu werden.

Von jeher ist man deshalb bedacht gewesen, genaue Untersuchungsmethoden hiefür auszuarbeiten. Auch ist man in der That schliesslich dazu gekommen, einige Methoden zu schaffen, welche so ziemlich den Ansprüchen auf Genauigkeit entsprechen. Es sind dies die Methoden von Schulze-Tiemann, Ulsch und die Indigo-Methode von Marx-Tromsdorff mit der Verbesserung von Ohlmüller und R. Warrington. Bessere, genauere Methoden existiren zur Zeit nicht, und sind sie deshalb auch in den allerletzten Abhandlungen über Trinkwasser-Analyse allein aufgenommen worden[2].

Geht man nun aber auf diese Methoden näher ein, so ergibt sich bald, dass sie gar nicht so genau sind, wie es zu wünschen

---

1) Diese Methode ist zum ersten Male in der Aerzte-Versammlung des Wilnaer Militärhospitals vorgetragen und bekannt gegeben worden.

2) Vereinbarungen zu einheitlichen Untersuchungen etc. der Nahrungs- und Genussmittel, 1899, H. II, S. 157. — Lunge G., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 1899, Bd. I, S. 736 u. ff.

wäre, und dann, dass sie alle, sogar auch die Indigo-Methode, mehr oder weniger complicirt sind. Die Schulze-Tiemann-sche Methode gibt im Allgemeinen etwas zu niedrige Werthe, die Indigo-Methode ist manchmal sogar ganz unbrauchbar. Auch Ulsch theilt die Ungenauigkeiten von Schulze-Tiemann[1]), und es ist um so bedauerlicher, als die Differenzen in den einzelnen Bestimmungen nicht beständig ein und dieselben bleiben. Für den Militärarzt aber sind alle diese Methoden, sogar die mit Indigo, zu complicirt; für ihn, der seine Untersuchungen möglichst schnell, und dabei doch auch möglichst genau machen soll, wäre eine Methode erwünscht, die »die grösste Einfachheit mit der grössten Genauigkeit vereinigte«. Je rascher eine Trinkwasseruntersuchung im Felde gemacht werden kann, desto besser für das betreffende Regiment, Corps, Division etc.

Auf diesem Standpunkte fussend, nahm ich mit Vergnügen den Vorschlag von Dr. med. L. Heydenreich an, eine solche Methode experimentell auszuarbeiten, indem er mich anregte, nachzuprüfen, ob die so feine Reaction des Gemisches von Brucin mit H_2SO_4 auf Salpetersäure sich hierzu nicht verwenden liesse

Meine zahlreichen einschlägigen Untersuchungen fielen, wie weiter unten ersichtlich sein wird, so günstig aus, dass ich mir hiemit erlaube, dieselben sofort der Oeffentlichkeit zu übergeben. Es sollte mich freuen, wenn recht zahlreiche Nachprüfungen die Brauchbarkeit der neuen Methode bestätigen sollten. Da dieselbe sehr einfach und zugleich genau ist, könnte sie vielleicht späterhin als Schablone dienen, um andere complicirte Methoden auf ähnliche Weise zu vereinfachen.

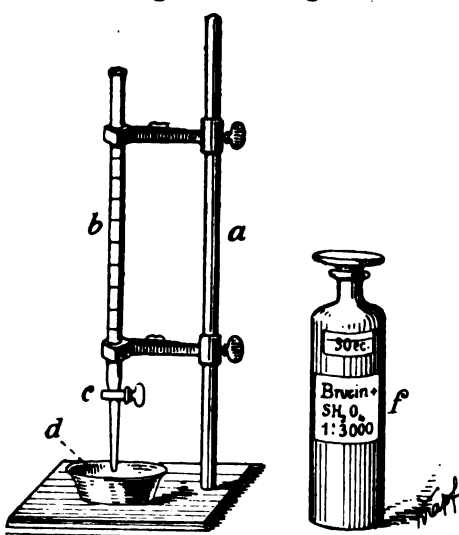
Diese Methode ist kurz folgende:

Ein Gewichtstheil möglichst frisch bereiteten, chemisch reinen Brucins wird in 3000 Volumtheilen chemisch reiner englischer Schwefelsäure, spec. Gewicht 1,837 — 1,840 (darf natürlich keine Salpetersäure enthalten), aufgelöst. Diese Lösung wird jedesmal

1) Tiemann-Gärtner, Untersuchung und Beurtheilung der Wässer, 1895, 4. Aufl., S. 176 u. ff.

»ex tempore« frisch bereitet, da andernfalls die Lösung gelb wird und bereits nach 15 Stunden anfängt, an Empfindlichkeit zu verlieren.

Vom zu untersuchenden Wasser werden 5 ccm in eine kleine weisse Porcellanschale oder, noch besser, Porcellantiegel genommen und so lange »tropfenweise« die Brucinlösung unter »beständigem Rühren« mit einem Glasstab hinzugegeben, bis eine im Anfang rasch verschwindende Röthe stationär wird und die ganze Flüssigkeit deutlich rosaroth bleibt. Dem Endpunkt geht eine gelbliche Verfärbung der ganzen Flüssigkeit voraus; hierdurch wird zugleich der bevorstehende Beginn der Reaction deutlicher angezeigt.



Das ist das Princip.

Die Ausführung in praxi, und namentlich für Militärärzte, gestaltet sich nun folgenderweise: Ein einfaches Stativ *a* (siehe Fig.) trägt eine Bürette *b* mittelst zweier Klemmen; die Bürette hat etwa 10 ccm, ist lang und dünn, damit die einzelnen Theilungen in $^1/_{10}$ ccm (noch besser $^1/_{20}$ ccm) weiter auseinander stehen. Unten hat die Bürette einen Glashahn *c*, und ist die Spitze so fein ausgezogen, dass aus derselben die Schwefelsäure blos tropfenweise, in einer Minute nicht mehr als 2 ccm, ausfliessen muss. Unter dieser Spitze steht der Porcellantiegel *d* mit flachem Boden. Natürlich muss vor Beginn der Untersuchung die ganze Spitze voll Schwefelsäure sein und keine Luft enthalten.

Die Brucinlösung ist am besten in einer engen Flasche mit Glasstöpsel von etwa 40—50 ccm Inhalt zu bereiten (s. Fig., *f*). Bei 30 ccm mache man ein Zeichen (einen Strich, klebe eine Etikette mit Strich auf etc.). In diese Flasche wird ein Centigramm Brucin geschüttet und darauf mit Schwefelsäure bis auf

die Marke gefüllt. Darauf wird der Stöpsel eingesetzt und die Flasche geschüttelt, bis sich alles Brucin gelöst hat. Dieses dauert etwa 2 Minuten.

Auf diese Weise erhält man eine Lösung von 1:3000 Brucin in Schwefelsäure.

Um bei einer solchen Versuchsanordnung zu erfahren, wieviel Brucin-Schwefelsäure bis zur Reactionserscheinung erforderlich ist, wurden zu allererst verschiedene Mengen reinen Salpeters in bestimmten Quantitäten destillirten Wassers gelöst. Da nun ein Theil $N_2O_5 = 1,871\ KNO_3$ ist, so wurden aus der Lösung: 0,1871 g Salpeter in 1 l Wasser (= 100 mg N_2O_5 in 1 l) die verschieden starken Probe-, resp. Control-Lösungen bereitet. Es wurden so 20 Probelösungen hergestellt, welche von je 1 mg bis 20 mg im Liter N_2O_5 enthielten, und auf diese Lösungen wurde nun die Brucin-SH_2O_4-Lösung untersucht.

Es ergaben sich hiebei folgende Zahlen:

Tabelle I.

Differenzgrössen	Cubikcentimeter Brucin-H_2SO_4, die bis zum Auftreten der Reaction verbraucht wurden	Quantität von N_2O_5 in mg, enthalten im Liter der Probelösung
0,2 ccm = 1 mg N_2O_5 im Liter, folglich 0,1 ccm = 0,5 mg; 0,01 ccm = 0,05 mg; 0,001 ccm = 0,005 mg	7,5 ccm	1 mg
	6,9 »	2 »
	6,7 »	3 »
	6,5 »	4 »
0,1 ccm = 1 mg N_2O_5 im Liter; 0,01 ccm = 0,1 mg; 0,001 ccm = 0,01 mg; etc. etc.	6,3 »	5 »
	6,2 »	6 »
	6,1 »	7 »
	6,0 »	8 »
	5,9 »	9 »
	5,8 »	10 »
	5,7 »	11 »
	5,6 »	12 »
	5,5 »	13 »
	5,4 »	14 »
	5,3 »	15 »
	5,2 »	16 »
	5,1 »	17 »
	5,0 »	18 »
	4,9 »	19 »
	4,8 »	20 »

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass: 1. die Quantität der Brucin-Schwefelsäure in gewissem Grade umgekehrt proportional ist der Quantität des Salpetersäure-Anhydrids; 2. es besteht eine gewisse Gesetzmässigkeit zwischen dem N_2O_5-Gehalt und der Quantität der Brucin-Schwefelsäure; und zwar beim Gehalt N_2O_5 zwischen 20 mg und 5 mg (incl.) im Liter, kommt auf jedes folgende Milligramm N_2O_5 im Liter um 0,1 ccm mehr Brucin-H_2SO_4 bis zum Erscheinen der Reaction; zwischen 5 mg und 2 mg (incl.) N_2O_5 im Liter kommt auf jedes folgende Milligramm N_2O_5 um 0,2 ccm mehr Brucin-H_2SO_4 bis zur Reaction. Ein weiteres Zugiessen weist auf Spuren N_2O_5 im Liter; hat man 7,5 ccm zugegossen, so weist das auf einen Gehalt von blos 1 mg N_2O_5 im Liter.

Beispiel: Auf 5 ccm der Salpeterlösung (oder resp. des Untersuchungswassers) sind 6,8 ccm Brucin-H_2SO_4 bis zur Reactionserscheinung verbraucht worden; wieviel Milligramm N_2O_5 befinden sich im Liter der zu untersuchenden Lösung?

Antwort: 6,9 ccm entsprechen 2 mg N_2O_5,
0,1 (6,9—6,8) 0,5 mg N_2O_5.

Folglich entsprechen 6,8 (6,9—0,1) = 2,5 mg N_2O_5 im Liter. Es wird also hier 2,0 mg und 0,5 mg nicht substrahirt wie man glauben könnte, sondern addirt, weil, wie wir gesehen haben, die Quantitäten in umgekehrter Proportion zu einander stehen.

Ich habe meine Untersuchung blos bis zu 20 mg N_2O_5 im Liter geführt, weil die Farbe der Reaction bei höherem Gehalt nicht deutlich und klar genug auftritt, und weil ein solches Wasser ja bereits als wenig tauglich für inneren Gebrauch beanstandet werden würde. Sollte es aber dennoch wünschenswerth sein, grössere Quantitäten N_2O_5 zu bestimmen, so ist der bekannte Kunstgriff der Verdünnung anzuwenden. Das betreffende Wasser wird 2, 3, 4, ... 10 mal mit destillirtem Wasser verdünnt und nachher die im verdünnten Wasser gefundene Menge N_2O_5 mit der Verdünnungszahl multiplicirt.

Die in der Tabelle experimentell gefundenen Zahlen habe ich mannigfach wiederholt und immer dasselbe Resultat gefunden.

Nun war es wichtig zu erfahren, ob die gefundenen Zahlen einbehalten würden, wenn zu der Salpeterlösung verschiedene Beimengungen zugefügt würden. Zu diesem Zwecke wurden ClNa, Harn, Caramellösung und Eiweiss verwendet, und zwar in folgenden Quantitäten:

Nr. 1 { 20 ccm der oben angegebenen Salpeterlösung: 100 mg N_2O_5 im Liter,
170 ccm destillirtes Wasser,
10 ccm einer ClNa-Lösung (5,837 g im Liter).

Nr. 2 { 20 ccm derselben Salpeterlösung,
170 ccm destillirtes Wasser,
10 ccm Harn.

Nr. 3 { 20 ccm derselben Salpeterlösung,
170 ccm destillirtes Wasser,
10 ccm Caramellösung.

Nr. 4 { 20 ccm derselben Salpeterlösung,
170 ccm destillirtes Wasser,
10 ccm Eier-Eiweiss.

In jeder von diesen Lösungen waren also enthalten 10 mg N_2O_5 im Liter.

Tabelle II.

Nr. der betreffenden Probelösungen	Angewendete ccm	Im Liter sind enthalten mg N_2O_5	Verbrauchte ccm Brucin-Schwefelsäurelösung bis zur Reactionserscheinung	Nach meiner Tabelle sind enthalten mg N_2O_5 im Liter	Ausgedrückt in Procenten
Nr. 1	5 ccm	10 mg	5,1 ccm	17 mg	100,7 %
› 2	5 ›	10 ›	5,0 ›	18 ›	100,8 ›
› 3	5 ›	10 ›	5,8 ›	10 ›	100 ›
› 4	5 ›	10 ›	5,5 ›	13 ›	100,3 ›

Dieselben Beimengungen wurden von Tiemann-Gärtner nach der Methode Schulze-Tiemann untersucht, wobei sich die auf der nächsten Seite folgenden Zahlen ergaben[1]).

1) Tiemann-Gärtner's Handbuch d. Untersuchungen d. Wässer, 4. Aufl., 1895, S. 177.

Tabelle III.

Lösung enthaltend in 100 ccm.		Zum Versuch angewandte Probe in ccm	Gefundene mg N_2O_5 in 100 ccm	Procente der vorhandenen N_2O_5
Verunreinigungen	Mg N_2O_5			
10 ccm Caramellösung	8	200	8,12	101,5 %
5 ccm Caramellösung	11	300	10,81	98,3 »
1 ccm Eiweisslösung	7	100	7,01	100,1 »
4 ccm Harnlösung .	3	100	3,03	101,0 »
1 ccm Harnlösung .	16	100	15,95	99,5 »

Beim Vergleiche beider Tabellen ergibt sich, dass die Ergebnisse meiner Methode ebenso nahe der Wahrheit stehen, ja dass dieselben noch geringere Schwankungen aufweisen als die Methode von Schulze-Tiemann.

Aus praktischen Rücksichten war es nicht minder wünschenswerth zu wissen, ob die Schwefelsäure immer das spec. Gewicht 1,837—1,840 haben sollte, oder ob auch eine schwächere Säure zulässig sei.

Wiederholte Versuche haben ergeben, dass beim spec. Gewicht der Säure von 1,70 gar keine Reaction mehr stattfindet; bei 1,75 ist die Empfindlichkeit bedeutend herabgesetzt; beim spec. Gewicht 1,806 bis 1,822 verläuft die Reaction und sind auch die Differenzziffern zwischen den verbrauchten Cubikcentimetern Brucin-Schwefelsäure dieselben wie früher, es ist aber blos die anfängliche Quantität derselben bedeutend grösser.

So wird z. B. bei 20 mg N_2O_5 im Liter 6,8 ccm Brucin-Schwefelsäure statt 4,8 ccm verbraucht, wenn die Schwefelsäure ein spec. Gewicht von 1,806 hat, beim spec. Gewicht 1,822 wird 5,8 statt 4,8 ccm verbraucht.

Hieraus folgt, dass es am praktischsten ist, wenn man eine Schwefelsäure anwendet, die nicht weniger als 1,837 spec. Gewicht hat, am besten jedoch 1,839—1,840.

Nachdem ich auf diese Weise die theoretischen Grundlagen meiner Methode festgestellt hatte, schritt ich zur Verwerthung derselben in der Praxis.

Ich untersuchte zu diesem Zwecke ein und dieselben zehn Wässer verschiedener Herkunft nach meiner Methode und zugleich parallel nach der Methode von Schulze-Tiemann. Das allgemeine Ergebnis war, dass alle meine Ziffern um ein Weniges grösser ausfielen als die nach Schulze-Tiemann.

Tabelle IV.

Nr.	Herkunft des Wassers	Wie viel mal verdünnt	Verbrauch von Brucin-Schwefelsäure bis z. Reaction in ccm	Milligramm N_2O_5 im Liter nach meiner Methode	Milligramm N_2O_5 nach Schulze-Tiemann
1	Brunnen	20 mal	6,125	135,0	134,88
2	»	5 »	6,025	88,75	88,556
3	Quelle	—	5,505	12,95	12,792
4	Brunnen	10 mal	5,465	133,5	132,25
5	»	20 »	5,575	245,0	243,134
6	»	10 »	5,3691	143,09	141,12
7	»	5 »	6,25	27,5	27,24
8	»	20 »	5,615	237,0	235,974
9	»	—	5,575	12,25	12,1732
10	»	6 mal	6,25	33,0	32,9085

Da aber, wie wir bereits gesehen haben, und wie es auch die Untersuchungen von Tiemann-Gärtner zeigen[1]), die Methode von Schulze-Tiemann immer etwas geringere Zahlen aufweist, so erhellt hieraus, dass meine Methode sicherer arbeitet und genauere Resultate gibt als die Schulze-Tiemann'sche und folglich auch genauere als alle übrigen Methoden.

Es erübrigt noch daran zu erinnern, dass, falls das Wasser N_2O_3 zugleich mit N_2O_5 enthält, ersteres durch 10 Minuten langes Kochen mit Schwefelsäure 1 : 3 (auf 100 ccm Wasser kommen 10—15 Tropfen) oder Phosphorsäure (2—3 Tropfen auf 100 ccm Wasser) daraus entfernt werden muss.

Schliesslich wurde zu gewöhnlichem Trinkwasser, welches aber frei von N_2O_3 und N_2O_5 war, Salpeter in verschiedener

1) Tiemann-Gärtner, a. a. O., 1895, 4. Aufl., S. 197.

Menge zugeführt und nach meiner Methode untersucht. Die Resultate waren ebenso genau wie die früher angegebenen von Lösungen in destillirtem Wasser.

Nachdem auf diese Weise die Existenzberechtigung meiner Methode hinlänglich bewiesen ist, erlaube ich mir dieselbe noch einmal kurz in folgenden Sätzen zu resümiren:

1. Das zu untersuchende Wasser wird auf N_2O_3 geprüft (mittelst Jod-Zinkstärke und Schwefelsäure 1:3), und im Falle von Vorhandensein, wie eben beschrieben, entfernt.
2. Hierauf werden 5 ccm des Wassers in den Porcellantiegel (*e*, Figur) gegeben und lässt man aus der Bürette (*b*) die Brucin-H_2SO_4-Lösung (0,01 Brucin auf 30,0 ccm H_2SO_4) vom spec. Gewicht 1,837 — 1,840 tropfenweise in das untergestellte Wasser fliessen, bis eine deutliche Rosafärbung bei beständigem energischem Rühren auftritt.
3. Man wiederhole diese Untersuchung 3mal und nehme das Mittel. Die der gefundenen Zahl entsprechende Quantität N_2O_5 im Liter findet man in meiner oben angeführten ersten Tabelle.
4. Falls die erste Untersuchung zeigt, dass das Wasser mehr als 20 mg N_2O_5 im Liter enthält, so verdünnt man dasselbe vorher 2, 3, 4, 5 bis 10mal u. s. w. und multiplicirt nachher die gefundene Zahl Milligramme N_2O_5 mit der Verdünnungszahl.

Ich glaube nun nach allem bisher Gesagten berechtigt zu sein, zu glauben, dass die von mir ausgearbeitete Methode der Salpetersäurebestimmung an Genauigkeit und namentlich Einfachheit in der Ausführung, alle übrigen bis jetzt bekannten Methoden übertrifft. Wenn man hierzu in Betracht zieht, dass dieselbe etwa drei Mal billiger zu stehen kommt als die Methode von Schulze-Tiemann, und dass dieselbe blos bis 10—15 Minuten (anstatt mehrere Stunden und mehr, nach Schulze-Tiemann), so glaube ich, dass es mir gelungen ist, das Ziel zu erreichen, zu welchem ich vom Anfang strebte, d. i. dem Regimentsarzt

in seiner ärmlichen Dotirung und bei seinem Mangel an Zeit, ein leichtes, ausführbares, praktisches, genaues und zugleich rasches Untersuchungsmittel in die Hand gegeben zu haben.

Zum Schluss halte ich es für meine Pflicht, hier meinen aufrichtigen und tiefgefühlten Dank dem Leiter des Wilnaer Militärhygienischen Laboratoriums, Dr. med. L. Heydenreich, sowohl für das mir überlassene Thema, als auch den beständigen Rath, sowie für die mir zur Verfügung gestellte Literatur auszusprechen.

Vergleichende und kritische Studien, betreffend die Diagnostik des Bac. typhi und des Bact. coli[1]).

Von

Dr. **Josef Rambousek,**

Assistent der Hygiene der böhmischen Universität in Prag.

(Aus dem hygienischen Institute des Professors Dr. G. Kabrhel in Prag.

Die Frage der Bact. coli- und Bac. typhi-Diagnose und weiter die Frage der Isolation typhoïder Mikroben überhaupt aus irgend welchem festen oder flüssigen Substrate (z. B. aus Wasser), in denen sie sich in Gesellschaft zahlreicher anderer Bacterienarten befinden, taucht immer wieder von neuem in der Literatur auf. Die grosse Menge verschiedenartiger Arbeiten und die grosse Zahl der vorgeschlagenen Methoden der verschiedensten Art, die diesen Gegenstand betreffen, geben Zeugnis davon, dass sich der Lösung dieser Fragen bedeutende Hindernisse in den Weg setzen, und dass die bisher erzielten Resultate keineswegs allseits befriedigende sind. Hier seien folgende Resultate der wichtigsten hier einschlägigen Arbeiten angeführt.

Zur Stellung der Diagnose zwischen Bact. coli und Bac. typhi dienen vor allem gewisse Producte, die diese beiden Mikroben in zu diesem Ende hergestellten Nährböden von besonderer Zusammensetzung erzeugen (auf den gewöhnlichen

---

1) Vorgelegt der böhm. Kaiser Franz-Josefs-Akademie der Wissenschaften am 16. März 1900.

Nährböden ist ja der Bac. typhi vom Bact. coli durch sein Wachsthum nicht zu unterscheiden). Hieher gehört vor allem die Gasproduction in zuckerhaltigen Nährböden, die Indolproduction, die Bildung von Acidität in der Milch und die damit zusammenhängende Milchgerinnung, das Reduciren von Nitraten auf Nitrite und Ammoniak. Ferner gehört hieher auch die durch Goldberger vorgeschlagene Methode. Dieser empfiehlt in seiner Arbeit[1]) für die Erleichterung der bacteriologischen Diagnostik die Benützung gefärbter Nährböden im allgemeinen und zwar für die Bact. coli- und Bac. typhi-Diagnose speciell einen Beisatz von Neutralroth oder Safranin zum Nährboden[2]). Dieser Autor stellte fest, dass ein mit Bact. coli geimpftes und mit Neutralroth gefärbtes Agarröhrchen, das an sich braunroth gefärbt erscheint, nach 24 Stunden, auf die man es in den Brütschrank stellt, statt seiner rothen Färbung eine gelbe zeigt, wobei zugleich im Nährboden eine lebhafte schöne Fluorescenz eintritt. Goldberger hat verschiedene Stämme der beiden Bacterien mit vollkommen demselben Resultate dieser diagnostischen Probe unterworfen.

Auch die mit Safranin gefärbten Nährböden vermag das Bact. coli schnell zu entfärben; der Autor bemerkt zu seinen Experimenten, dass diese Erscheinung ihre Erklärung vermuthlich in der Reduction des Farbstoffes durch das betreffende Bacterium findet, wie Spina[3]) dies für Methylenblau und Indigo nachgewiesen hat. Die Fähigkeit, Safranin zu entfärben, kommt freilich auch anderen Mikroben verschiedener Art zu.

Ferner benützt man nach Gaffky's Vorschlag zur Diagnose zwischen Bact. coli und Bac. typhi bekanntermaassen die Kartoffelcultur. Diese Methode kommt bereits den in der bacteriologischen Isolationstechnik entscheidenden Bestrebungen nahe durch das Streben, verschiedene Mikrobenarten durch ihre ihnen charakteristische Art zu wachsen, zu unterscheiden. — Was

1) Centralblatt f. Bacteriologie, XXIV, 14.

2) Als geeignetste Impfmethode empfiehlt der Autor hiebei die Agarschüttelcultur.

3) Spina, Centralblatt f. Bacteriologie, 1887.

die Isolationsmethoden anlangt, so sei in Kürze folgendes angeführt:

Chantemesse, Widal und Thoinot benützen zur Isolation einen Zusatz von Carbolsäure zum Nährboden. Die beiden ersteren setzen diese Säure zum Nährboden hinzu, während Thoinot mit derselben das auf die in Rede stehenden Mikroben zu untersuchende Material versetzt. Parietti setzt zu mit dem betreffenden Substrate geimpften Bouillon tropfenweise eine Mischung von 4proc. Salz- und 5proc. Carbolsäure hinzu.

Gegenüber diesen Isolationsmethoden, die flüssige Isolationsnährböden benützen (sog. »Anreicherungsmethoden«), arbeitet Holz[1]) mit einem festen Nährboden als Isolationsmittel. Holz hat als Nährsubstrat zu Isolationszwecken die sog. Kartoffelgelatine vorgeschlagen (10% Gelatine hinzugefügt zu aus Kartoffelbrei ausgepresstem Kartoffelsaft, wobei der übrige Vorgang, so Sterilisation und Filtration der Gelatine, analog dem gewohnten Verfahren ist). Elsner fügt zu dieser Kartoffelgelatine 1% Jodkali, gibt jedoch die Bereitung seiner Gelatine etwas different von der Holz'schen Vorschrift an; doch ist die Elsner'sche Beschreibung nicht klar genug, um sich nach ihr richten zu können; infolge dessen setzt man in der Regel 1% Jodkali zur nach Holz' Vorschrift bereiteten Gelatine hinzu und nennt dies Elsner'sche Methode[2]). Diesen Methoden diente offenbar Gaffky's Beobachtung als Grundlage (nämlich das Wachsthum auf der Kartoffeloberfläche) in Combination mit einer älteren Methode, die Riedel[3]) vorgeschlagen hatte; Riedel nämlich war bestrebt, durch Zusatz von Jodtrichlorid zum Nährboden die Isolation typhoïder Mikroben zu erleichtern.

Die Methoden von Chantemesse-Widal und Thoinot, die beide bestrebt sind, durch eine Concentration von ¼proc. Carbolsäure im Nährboden die Typhusbacillen zu isoliren, werden durch Holz kritisirt, der der Ansicht ist, dass bereits eine Concentration von 0,1proc. Carbolsäure im Nährboden das Wachs-

1) Holz, Zeitschrift f. Hygiene, Bd. VIII, S. 143—178.
2) Sterling, Centralblatt f. Bacteriologie etc., I, Bd. XXII.
3) Riedl, Arbeiten aus d. kais. Ges.-Amte, 475.

thum der Typhusbacillen hemmt. Aehnlich hat auch Kitasato[1]) und Dunbar nachgewiesen, dass andere Mikroben gegen Carbolsäure resistenter sind als der Typhusbacillus, und dass vor allem das Bact. coli sich durch eine besonders grosse Resistenz gegen diese Säure auszeichnet.

Was nun die Methode von Parietti anlangt, müssen wir hervorheben, dass hier durchschnittlich sechs Tropfen der von ihm vorgeschlagenen Säure zu 5 ccm Bouillon hinzugefügt werden; die Säureconcentration beträgt dann, wie leicht zu berechnen, in diesem Nährboden beiläufig 0,33 % Carbolsäure und 0,2 % Salzsäure. Im Hinblicke auf Holz' Beobachtungen ist allerdings eine solche Säureconcentration bereits für die Entwickelung von Typhusbacillen ungünstig. Bezüglich der Salzsäure hat Fermi[2]) durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen, dass bereits 0,2 proc. Salzsäureconcentration genügt, um dem Aufwachsen von Typhusculturen hinderlich zu sein. Fermi hat nämlich mit einer 2 proc. Salzsäurelösung Versuche gemacht, die er successive in höherer Concentration dem Nährboden hinzufügte; er konnte beobachten, dass 10 Tropfen das Aufwachsen des Typhusbacillus und 21 Tropfen den Wuchs des Coli-Bacteriums vollkommen zu hemmen im Stande waren, wenn er die genannte Säurequantität zu 5 ccm Agar hinzufügte[3]). Wenn wir hier die Umrechnung auf Procente vornehmen, resultirt beiläufig 0,2 % Säureconcentration im Nährboden.

Wenn wir also Holz' und Fermi's Resultate in's Auge fassen, so scheint es klar zu sein, dass mittelst Parietti's Methode wohl viel eher Coli-Bacterien oder irgend welche andere gegen Säure resistentere Mikroben isolirt werden können, als gerade der Typhusbacillus; denn Fermi hat weiter durch seine

1) Kitasato, Zeitschrift f. Hygiene, Bd. III, S. 414. Dunbar, Bd. XII, S. 506.

2) Fermi, Centralblatt f. Bacteriologie, I, XXII, 5/6 212.

3) Um mir den Vergleich der Resultate Fermi's und Parietti's zu erleichtern, wiederholte ich Fermi's Experimente mit einer 2 proc. Lösung von Salzsäure, indem ich jedoch als Nährboden 5 ccm Bouillon verwendete. Die Resultate meiner Versuche mit Bouillon waren denen Fermi's mit Agar vollkommen analog.

Untersuchungen auch nachgewiesen, dass auch andere Mikroben gegen Säuren resistenter sind als der Bac. typhi. Es sei hier auch als Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung angeführt, dass auch bei dem sog. »Isoliren von Typhusbacillen aus Wasser nach Parietti« öfter denn einmal ausser typhusähnlichen Bacterien sogar auch fluorescirende, also sicher nicht typhoïde Formen aufwuchsen.

Die Urtheile der Autoren über die Verwerthbarkeit der Methode von Holz-Elsner sind verschieden; einzelne Autoren behaupten, dass das Bact. coli, falls es mit Typhusbacillen zugleich isolirt wird, durch seinen üppigen Wuchs die Typhuscolonien überwuchert und unkenntlich macht[1]), ferner wird behauptet, dass auch andere Mikroben ähnlichen Wuchs auf der Holz-Elsner'schen Gelatine aufweisen wie der Typhusbacillus, so dass nach Isolation derselben sich doch die Nothwendigkeit einstellt, so isolirte Bacterienarten nach den bisher üblichen Methoden und Kriterien für typhoïde Mikroben zu diagnosticiren.

Es ist ferner auch nöthig darauf hinzuweisen, dass das Wachsthum sowohl bei Typhus- als bei Coli-Bacillus durch Anwendung dieser Methode gehemmt wird, so dass die Genauigkeit des quantitativen Nachweises unserer Mikroben durch diese Methode sehr in Frage gestellt wird.

Wenn wir nun alle bisher angeführten Isolationsmethoden überblicken, merken wir, dass ein Theil der Autoren bestrebt ist, ihr Ziel durch directen Säurezusatz zum Nährboden zu erreichen. Nach diesem Principe arbeiten die Methoden von Chantemesse, Widal, Thoinot, Parietti; auch Holz verwendet einen exquisit saueren Nährboden; diesen natürlichen Säuregrad jedoch dankt sein Nährboden organischen Säuren, die sich im Kartoffelsafte befinden.

Dieser Umstand bewog mich dazu, nachzuforschen, ob nicht auch hier der Säuregrad die Hauptrolle spielt oder ob nicht vielleicht sogar die Acidität des Nährbodens auch hier der einzige entscheidende und isolirende Faktor bei dieser Methode ist.

1) Sterling, Centralblatt f. Bacteriologie, I, XXII.

Die Bearbeitung dieser Frage wird einerseits durch den Umstand erleichtert, dass Holz selbst den Säuregrad seiner Gelatine angibt, andererseits, dass die Frage der Säureresistenz der hier in Betracht kommenden Mikroben durch die bereits erwähnten Arbeiten und Versuche Fermi's bereits gründliche Bearbeitung gefunden hat.

Holz gibt an, dass der Säuretitre der Kartoffelgelatine, wenn sie nach seiner Vorschrift bereitet wird, ziemlich bedeutenden Schwankungen unterliegt.

Es wurde zu verschiedenen Malen durch Holz ein Säuretitre seiner Gelatine constatirt, der zwischen 1,6—3,2 ccm Zehntel-Normallaugenverbrauch auf 10 g der Holz'schen Gelatine schwankte. Es fragt sich also nun nach der Säureconcentration der Holz-Gelatine in Procenten.

Hier ist wohl am meisten empfehlenswerth, wenn wir die Gesammtacidität (die aus der Acidität der Gelatine plus Acidität des Kartoffelsaftes hervorgeht) auf Milchsäure umrechnen, das ist auf eine Säure, die den Versuchen Fermi's, der auch mit ihr experimentirte, entsprechend, von allen hier in Betracht kommenden organischen Säuren in Bezug auf ihre Wirkung auf das Mikrobenwachsthum als die schwächste erscheint, so dass unter allen organischen Säuren ihre Gegenwart verhältnismässig für das Mikrobenwachsthum die günstigsten Chancen gewährt.

Es genügen nun, wie Fermi constatirte, vier Tropfen Milchsäurelösung, um das Wachsthum des Typhusbacillus zu hemmen, und sieben Tropfen Milchsäurelösung, um das Wachsthum der Colibacterien unmöglich zu machen (wenn eine 10proc. Milchsäurelösung und je 10 ccm Nährboden verwendet werden).

Das Bact. coli verträgt also — wie sich leicht berechnen lässt — 0,6% und der Typhusbacillus 0,4% Milchsäureconcentration; zugleich constatirte Fermi, dass auch andere Mikroben bezüglich ihrer Resistenz gegen Acidität sich dem Bact. coli nähern, und des weiteren, dass alle Bacterienarten, die Fermi bezüglich dieser Eigenschaft untersuchte, an Resistenz das Bact. typhi übertreffen.

Aus den bisherigen theoretischen Auseinandersetzungen und Betrachtungen geht hervor, dass auf der Holz'schen Kartoffelnährgelatine sowohl der Typhus- als der Coli-Mikrobe, aber auch eine Reihe anderer Mikroben aufwachsen können. Dies stimmt also mit den Facten und zugleich auch mit den vorangegangenen Betrachtungen überein, zugleich aber auch mit den Versuchen, die ich angestellt habe, und die ich später noch ausführlich zu behandeln haben werde.

Was nun weiter den Einfluss der Jodkaliumlösung auf den Typhusmikroben und das Bact. coli anlangt, müssen wir constatiren, dass in diesem Punkte die Ansichten der Autoren auseinandergehen.

Elsner nämlich gibt an, dass der Typhusbacillus auf dem Holz'schen Nährboden (also bei einem Säuregrad von 0,27 % Milchsäureconcentration) trotz Hinzufügen von 1 % Jodkali noch gut wächst; Fermi jedoch behauptet, dass 15 Tropfen einem 5proc. Jodjodkali hinzugefügt, zu einem neutral reagirenden Nährboden (Nähragar) bereits dem Wachsen von Colibacterien ein Ende macht und bereits sechs Tropfen dieser Lösung auf den Typhusbacillus deletär einwirken (wenn 5 ccm Nährboden verwendet werden). Diese Menge gibt, in Procenten ausgedrückt, für das Bact. typhi eine Wachsthumsgrenze von 0,25 % Jodkaliconcentration und für das Bact. coli eine Grenze von 0,75 %.

Wie wir sehen, stimmen die Angaben Fermi's und Elsner's in diesem Punkte nicht überein; auch hierauf musste bei Bearbeitung des vorliegenden Stoffes Rücksicht genommen werden.

Experimentelle Untersuchungen.

Bei den nun zu erläuternden experimentellen Untersuchungen stellte ich mir vor allem, wie ich schon oben angedeutet habe, die Lösung der Frage zur Aufgabe, ob bei der Holz-Elsner-schen Methode wirklich die Acidität des Bodens der für die Isolation entscheidende Faktor ist.

Ehe wir jedoch an die Darlegung der Experimente herangehen, die den Kern dieser Frage betreffen, ist es nöthig, einiges

über das Wachsthum des Bact. coli und Bact. typhi auf dem von Holz und Elsner vorgeschlagenen Nährboden zu erwähnen, und dies umsomehr darum, weil in den Arbeiten dieser Autoren der Wachsthumsunterschied zwischen dem Bact. coli und dem Bact. typhi auf ihren Nährböden nicht deutlich genug hervorgehoben ist.

So erwähnt Holz in seiner Arbeit überhaupt nicht, dass er auch das Bact. coli auf seiner Gelatine cultivirt habe. Die Ursache dieses Umstandes liegt offenbar darin, dass das Streben der erwähnten Autoren vor allem auf die Isolation des Typhusbacillus gerichtet war.

Im Hinblicke auf diesen Umstand befasste ich mich zunächst damit, das Wachsthum verschiedener Typhus- und Colistämme auf dem nach der Holz-Elsner'schen Vorschrift bereiteten Nährboden zu beobachten.

Diese Versuche wurden insgesammt mit 14 Mikrobenstämmen angestellt, von denen fünf aus den Fäces verschiedener Personen isolirt wurden und neun mir durch die Freundlichkeit des Herrn Prof. Gruber aus Wien eingesendet wurden.

Alle diese Stämme wurden vor allem auf die grundlegenden diagnostischen Eigenschaften geprüft, nämlich auf die Gas- und Indolbildung, ferner auf die Milchgerinnungsprobe. In diesen Eigenschaften wichen die einzelnen Stämme nicht von einander ab. Hierauf wurde daran gegangen, die einzelnen Stämme nach der Holz-Elsner'schen Methode zu cultiviren; hiebei wurde entweder mit allen angeführten Stämmen zugleich oder aber mit der Mehrzahl derselben auf einmal gearbeitet, damit der Einwurf unmöglich werde, dass bei diesem oder jenem Resultate es sich blos um die Eigenschaften eines bestimmten Stammes handle. Ich bereitete also eine Gelatine genau nach Holz' Vorschrift; hierauf fügte ich 1% Jodkali hinzu.

Zur Neutralisation von 10 ccm dicker Gelatine wurden 3,5 ccm Zehntelnormallauge (Phenolphtaleïn als Indicator) verbraucht. Um jedoch einen Vergleich meiner Resultate mit denen Holz' zu ermöglichen, der die Gelatine abwog, stellte ich das spec. Gewicht der Gelatine fest: Ich fand, dass 10 ccm 10,1 bis

10,2 g wogen, woraus weiter folgt, dass meine Resultate von den Holz'schen nur in sehr geringem Maasse abweichen können.

Bei der Verwendung einer so bereiteten Gelatine als Nährmedium verhielten sich das Bact. coli und der Bac. typhi, und zwar alle Stämme, die mir zur Verfügung standen, in folgender Weise:

Die Typhusstichculturen verbreiteten sich sogar nach 14 Tagen nicht auf der Oberfläche der Gelatine; auch im Stichkanal zeigte die Cultur nur eine schwache Entwickelung. Auf Kartoffelgelatineplatten, wo der Bac. typhi ausgesät war, stellte sich überhaupt kein wahrnehmbares Wachsthum ein. Das Bact. coli dagegen wuchs sowohl auf Platten als in Stichculturen sehr üppig.

Bei den Stichculturen bedeckte sich allmählich die Gelatineoberfläche mit einem gelblichen, saftigen Ueberzuge, der in seiner Mitte einen hervorragenden Knopf zeigte. Auch im Stichkanale war das Wachsthum üppig. Die älteren Culturen zeigten eine Trübung, die zuerst um den Stichcanal herum sichtbar wurde; allmählich jedoch trübte sich die ganze Gelatine. Auch auf Platten zeichneten sich genügend isolirte Colonien durch üppigen Wuchs aus; auch hier kam es zur Bildung jenes gelblichen, hervorragenden Knopfes in Mitten der Colonie, der rings von einem üppigen Ueberzuge umgeben war. Die entwickelte Colonie maass bis einige Centimeter im Durchmesser und war von einem trüben, opalescirenden Hofe umgeben, der, wenn seiner weiteren Ausbreitung nicht die Nachbarcolonien hinderlich waren, allmählich sich über die ganze Platte verbreitete. Um das Wesen dieser fortschreitenden Trübung zu erforschen, wurde wiederholt Material aus demselben mikroskopisch untersucht und man fand, dass auch er aus Mikroben bestand, dass es sich hier also nicht vielleicht um Producte des chemischen Stoffwechsels handle.

Diese, die Colonien umgebende Trübung charakterisirt das Wachsthum des Colimikroben sowohl in Stich- als in Plattencolonien und ist die Kenntnis dieser Eigenschaft ein guter diagnostischer Behelf (besonders wenn es sich um Wasseruntersuchung auf typhoïde Mikroben vermittels der Holz-Elsner'schen Methode handelt).

Jetzt wenden wir uns der Beschreibung des Wachsthumes unserer Mikroben auf der Holz'schen Gelatine ohne Jodkalizusatz zu. Das Bact. coli zeigte hier kein von der soeben gegebenen Beschreibung differentes Wachsthum. Der Typhusbacillus, der auch jedesmal auf dieser Kartoffelgelatine ohne Jodkalizusatz aufwuchs, zeigte zarte, durchscheinende Colonien, die kaum 1 qmm Flächenentwickelung aufwiesen, die also der Beschreibung Holz' vollkommen entsprachen. Der Säuretitre dieser Gelatine war zu verschiedenen Malen allerdings ein verschiedener. Hier dürfte wohl einerseits die Qualität der Kartoffeln, andererseits die Dauer der Zeit, durch welche die Gelatine unsterilisirt blieb, und endlich die Aussentemperatur entscheidend gewesen sein.

Im Ganzen war jedoch entschieden der Säuretitre der Gelatine höher als Holz ihn angibt; 10 ccm Gelatine verbrauchten zu verschiedenen Malen: 3,8, 4,1, 4,3, 3,2, 4,5 ccm Zehntelnormallaugenlösung zu ihrer Neutralisation. Allerdings vertrugen beide Mikroben sogar diese ziemlich hohen Säuregrade, wenn nicht Jodkali zum Nährboden hinzugefügt wurde; bei Hinzufügung von Jodkali vertrug jedoch der Bac. typhi sogar schon bei einem Titre von 3,2 ccm Zehntel-Normallaugenverbrauch auf 10 ccm diesen Nährboden nicht, obgleich Elsner diesen Säuregrad für den von ihm vorgeschlagenen Nährboden noch zulässt.

Bei höheren Titren büsst sogar das Bact. coli sein charakteristisches Wachsthum ein; bei noch weiterem Steigen der Acidität wuchs das Bact. coli selbst überhaupt nicht auf. Ich wies ferner durch Abstumpfung der Acidität mittels Sodalösung strikte nach, dass dieses verschiedene Verhalten thatsächlich durch die allzu bedeutende Acidität hervorgerufen ist; durch solche Herabsetzung des Säuregrades war es möglich, wieder das gewohnte Wachsthum beider Mikroben zu erzielen. Diese Erfahrungen stimmen mit den Resultaten Fermi's genau überein; letzterer gibt nämlich an, dass — wie oben erwähnt — bei einer Concentration von 0,4 proc. Milchsäure der Typhusbacillus gerade noch des Wachsthums fähig ist. Der Titre 4,5 ccm Zehntel-Normallaugenverbrauch auf 10 ccm Gelatine repräsentirt nämlich eben diese Concentration,

Es ist aber weiter auch klar, dass jeder Zusatz (also auch jenes 1 proc. Jodkali) nothgedrungen diese Grenze überschreiten muss.

Um aber noch einen bestimmteren Beweis dafür zu liefern, dass bei den beobachteten und beschriebenen Wachsthumsverhältnissen der beiden Mikroben der Säuregrad des Nährbodens das entscheidende Moment ist, wurde die Acidität der gewöhnlichen Fleischpeptongelatine successive gesteigert und der Bac. typhi und das Bact. coli auf derselben cultivirt. Zu diesem Zwecke wurde zunächst die übliche Neutralisation der Gelatine mittels Soda ausgelassen. Infolge dessen hatte die Gelatine bereits a priori einen Säuregrad von 0,2 %. Die weitere Steigerung des Säuregrades wurde durch Zusatz abgemessener Mengen von Milchsäure erreicht.

Bei einer Concentration von 0,3 % wuchsen noch beide Mikroben auf; der Typhusbacillus allerdings in geringerem Maasse als das Bact. coli. Bei 0,5 % wuchs auch das Bact. coli nur mehr sporadisch auf. Bei 0,7 % wuchsen weder die Keime des Bac. typhi, noch die des Bact. coli auf. Des Weiteren konnte ich wahrnehmen, dass die Typhuscolonien, die auf diesem saueren Nährboden zur Entwickelung kamen, mit ihrer Durchsichtigkeit und Feinheit vollkommen der Beschreibung Holz', betreffend die Typhuscolonien, auf der Kartoffelgelatine entsprachen.

Diese Resultate sind Beweis genug, dass die oben angeführte Anschauung richtig sei, dass nämlich bei der Holz-Elsner-schen Methode die Acidität des Bodens das entscheidende Moment sei; zugleich haben wir gesehen, dass diese Resultate mit Fermi's Anschauungen vollkommen übereinstimmen.

Nun müssen wir über die Wirkung des 1proc. Jodkali zum Holz'schen Nährboden Klarheit erlangen, umsomehr, weil, wie oben erwähnt, in diesem Punkte die Ansichten der Autoren auseinander gehen.

Zuerst überzeugte ich mich, dass der Zusatz von 1 proc. Jodkali zur gewohnten Fleischpeptongelatine, nach Koch beigemengt, keinen besonderen Einfluss auf unsere Mikroben hat (weder in Platten- noch in Stichculturen); dann versuchte ich weiter den

Beisatz des Jodkali bis auf 3 % zu steigern; hier zeigte sich, dass der Bac. typhi bei 1,5 % und das Bact. coli bei 3 % Jodkalizusatz zur gewöhnlichen Fleischpeptongelatine sein Wachsthum einstellte. Dieser Versuch wurde mit dem nämlichen Resultate auf Àgar wiederholt.

Im Hinblicke auf diese hemmende Wirkung des Jodkali auf das Bacterienwachsthum, wenn sie auch verhältnismässig geringfügigerer Natur ist, sah ich mich bewogen, noch eine Reihe von Versuchen zu machen, bei denen ich den Zusatz von Jodkali mit verschiedenen Graden der Acidität des Nährbodens combinirte. Zu diesem Behufe stellte ich Platten aus Gelatine mit Zusatz von 1 % Jodkali her; hiebei steigerte ich successive die Acidität von 0,1 % bis auf 0,5 %. Hiebei fand ich: Bei 0,2 % und 1 % Jodkali war der Bac. typhi noch eines schwachen Wachsthums fähig, bei 0,3 % und 1 % Jodkali wuchs das Bact. coli nur mehr sporadisch auf; bei 0,4 % Acidität und 1 % Jodkali war bereits das Wachsthum bei den Mikroben unmöglich gemacht.

Diese Versuche beweisen also, dass, da die Holz'sche Gelatine etwa 0,27 % Säure enthält, das Wachsthum des Typhusbacillus auf diesem Boden, wenn gleichzeitig 1 % Jodkali zugesetzt wird, bereits sehr zweifelhaft wird, und dass gewiss nicht alle Typhuskeime unter diesen Bedingungen zur Entwickelung kommen. Das Bact. coli ist allerdings unter diesen Bedingungen wachsthumsfähig; wenn zufällig der Säuretitre der Holz'schen Gelatine niedrig ist (wie ihn z. B. Holz einige Male bei seinen Experimenten beobachtet hat), dann allerdings kann auch der Typhusbacillus auf diesem Boden gedeihen. Wenn jedoch der Titre 0,3 % Säure übersteigt (wie ich wiederholte Male zu beobachten Gelegenheit hatte), dann wächst auf solch' einem Nährboden nicht einmal das Bact. coli mehr auf.

Wie ich bereits auseinandergesetzt habe, waren bei 0,4 % Säure thatsächlich noch beide unserer Mikroben wachsthumsfähig; hatte jedoch Elsner's Nährboden einen so hohen Säuretitre, dann war das Wachsthum beider gehemmt.

Im Hinblicke auf diese Resultate hielt ich es für angezeigt, auch Versuche durchzuführen, die darüber Aufklärung geben,

in wie weit man mittels der Holz-Elsner'schen Methode im Stande ist, typhoïde Mikroben zu isoliren, falls sie gemischt mit anderen Saprophyten in demselben Materiale vorhanden sind.

Zu diesem Behufe wurde vor allem erprobt, wie weit der Holz'sche Nährboden auch anderen Mikroben geeignete Wachsthumsbedingungen gewähre; daher impfte ich in die nach Holz-Elsner bereitete Gelatine (ihr Titre war damals: 3,8 ccm Zehntel-Normallaugenlösungverbrauch auf 10 ccm Gelatine) Reinculturen verschiedener Mikroben. Es stellte sich heraus, dass der Bac. punctatus, Bac. radicosus und Bac. mycoïdes nicht aufwuchsen, während der Bac. fluorescens liquefaciens und der Bac. prodigiosus noch wachsthumsfähig waren. Wurde jedoch kein Jodkali hinzugefügt, dann wuchsen auch jene vorgenannten Mikroben auf, jedoch sie wuchsen und verflüssigten nicht die Gelatine mit der sonst ihnen zukommenden Energie.

Hieraus geht hervor, dass die Holz-Elsner'sche Methode geeignet ist, das Wachsthum zahlreicher, die Isolation typhoïder Mikroben behindernder saprophytischer Mikroben zu unterdrücken oder wenigstens zu hemmen.

Ich wollte jedoch weiter noch sicherstellen, wie weit das Jodkali und die Säure im Nährboden nach Holz-Elsner im Stande sind, die Isolation von typhoïden Mikroben auch quantitativ zu bewerkstelligen; zu diesem Behufe stellte ich folgenden Versuch an:

In eine bestimmte Menge sterilen Wassers wurde Bact. coli geimpft und hierauf wurde die Zahl der Keime nach der gewohnten Methode von Wolffhügel festgestellt; zugleich jedoch wurde eine gleiche Menge Keime des Bact. coli in dieselbe Menge Leitungswasser geimpft; hierauf wurden diesem Leitungswasser Proben entnommen und Kartoffelgelatineplatten gegossen (Titre: 3,8 ccm Zehntel-Normallaugenverbrauch auf 10 ccm Gelatine). Die Anzahl der Colonien des Bact. coli, die nach 3 Tagen gezählt wurde, war etwa nur um ein Viertel geringer als die Zahl derselben auf den Platten aus gewöhnlicher Gelatine. Derselbe Versuch wurde dann wiederholt, nur dass dann eine Kartoffelgelatine mit höherem Säuretitre gewählt wurde (und

zwar 0,7 ccm Zehntel-Normallaugenverbrauch auf 10 ccm Gelatine); unter diesen Umständen nun gelangte nur eine sehr geringe Anzahl von Keimen des Bact. coli zur Entwickelung.

Ich muss hiezu noch bemerken, dass bei den mit Leitungswasser angestellten Isolationsversuchen im Grossen und Ganzen andere Wassermikroben auf den Kartoffelgelatineplatten dem Wachsthum des Colibacteriums nur wenig hinderlich waren; wenn überhaupt irgend welcher verflüssigender Mikrobe auf einer der Platten zur Entwickelung kam, war er in seiner Entwickelung bedeutend behindert, so dass hier keine Hindernisse beim Zählen und Feststellen der Zahl des Bact. coli obwalteten; es war ja auch das Bact. coli vermöge seines oben beschriebenen so charakteristischen Wachsthums auf den Kartoffelgelatineplatten stets leicht zu erkennen.

Diese Versuche beweisen weiter die Thatsache, dass bei Verwendung der Holz-Elsner'schen Methode zur Isolation des Typhusbacillus aus Wasser, das was da aufwächst, allerdings typhoïde Mikroben sein können, aber keineswegs solche sein müssen; ob sie wirklich solche sind, muss man erst mittels anderer diagnostischer Behelfe feststellen.

Die Holz-Elsner'sche Methode gewährt nur den Vortheil, dass der Aciditätsgrad, der dem Elsner'schen Boden zukommt, combinirt mit dem Zusatze von 1% Jodkali das Wachsthum zahlreicher verflüssigender Mikroben, die in den Gewässern hausen, behindert und hemmt.

Man kann sich davon auch auf die einfache Art und Weise überzeugen — wie ich es auch in mehreren Fällen durchgeführt habe, — dass man aus ein und demselben Wasser, sei es Brunnen- oder Flusswasser, einerseits gewöhnliche Gelatineplatten, andererseits Platten aus der Holz-Elsner'schen Kartoffelgelatine giesst.

Aehnlich verhält es sich auch mit anderen Isolationsmethoden, besonders mit der Methode nach Parietti. Denn auch hier wählte der Autor zur Grundlage seiner Methode eine Eigenschaft, nämlich die Resistenz der Mikroben gegen Säure, die allerdings auch anderen Mikroben ausser dem Typhusbacillus zukommt und in besonders hohem Maasse dem Bac. coli eigen ist.

Im Hinblicke auf das bisher Gesagte erhellt, dass, wenn die eben angeführten Umstände dem glücklichen Forscher günstig sind, dass dann ihm die Isolation des Typhusbacillus gelingen kann; allerdings wird dann erübrigen, seine Identität vermittels der bisher bräuchlichen Methoden festzustellen.

Diese Deductionen stimmen mit der Literatur überein; diese lehrt uns, dass das Auffinden des Typhusbacillus im Wasser eine grosse Rarität ist, während das Isoliren des Bact. coli auf der Tagesordnung ist. Allerdings fällt zugleich in's Gewicht, dass in der Zeit, in welcher diese Wasseruntersuchungen auf Vorhandensein von Typhuskeimen unternommen wurden, dieselben bereits in demselben zu Grunde gegangen sein konnten.

Als weitere Folgerung ging aus den von mir angestellten Versuchen hervor, dass den angeführten Isolationsmethoden insgesammt ein und dieselbe Eigenschaft beider Mikroben zur Grundlage diene, und diese ist beiden Mikroben gemeinsam, allerdings in ungleichem Maasse. Es ist dies die Fähigkeit, auf saueren Nährböden zu wachsen. Es handelt sich hier also nicht um eine besondere Art des Wachsthums bei einem der beiden Bacterienarten, wie sie sonst die Bacterienarten von einander unterscheidet und charakterisirt, sondern um ein blosses »Plus« von Wachsthum oder eigentlich von Resistenzfähigkeit. Im Hinblick darauf können wir also mit Recht diesen Unterschied als einen rein quantitativen bezeichnen.

Bei diesen Versuchen und Erörterungen, bei denen wir im Auge hatten, das Princip der in unserer Frage aufgeworfenen Isolationsvorschläge zu erörtern, haben wir keine Eigenschaften aufgefunden, von denen wir sagen könnten, dass sie beide Mikroben im Wesen unterscheiden. Die Differenz im Wachsthum, die vom Anfang ab als ein wichtiges Kriterium imponirt, basirt auf einer beiden Mikroben gemeinsamen Eigenschaft derselben.

Wir müssen uns also des Weiteren mit den Eigenschaften beider Mikroben befassen, die nicht der Isolation dienen, sondern rein diagnostische Behelfe repräsentiren.

Ueber die rein diagnostischen Methoden (die zur Diagnose von Reinculturen des Bac. typhi und Bact. coli dienen).

Das diagnostische Kriterium, das das Wachsthum beider Mikroben auf der Kartoffel anlangt und von **Gaffky** hervorgehoben wurde, beruht auf dem Einflusse der Acidität des Nährbodens auf das Wachsthum. Dies folgt, wie schon oben erwähnt, aus der Beobachtung Fränkel's, der angibt, dass diese Differenz gänzlich zum Verschwinden gebracht wird, wenn die Oberfläche der Kartoffel neutralisirt wird; weil also die Resistenz des Bact. coli gegen Säure grösser ist als die des Typhusbacillus, darum wächst jenes auf der Kartoffeloberfläche üppiger und bildet daher auch einen dickeren Belag.

Es ist jedoch weiterhin auch klar, dass, weil dieser Behelf auf derselben Eigenschaft beider Mikroben basirt, nämlich auf der Resistenz gegen Säure, auch diese hiedurch bedingten Wachsthumsunterschiede rein quantitativer Natur sind, dass es also nicht Unterschiede sind, die durch irgend welche wichtige grundlegende Differenz der Eigenschaften beider Mikroben bedingt werden.

In dieselbe Kategorie der diagnostischen Hilfsmittel müssen wir auch den Unterschied in der **Indolproduction** einreihen, denn der Bac. typhi erzeugt, wie bekannt, gleichfalls Indol, wenn auch in schwächerem Maasse als das Bact. coli.

Aehnlich verhält es sich auch mit der Fähigkeit der beiden Bacterien, Nitrate zu reduciren, auf welches Kriterium Dieudonné hingewiesen hat. Wiederum ist es das Bact. coli, dem eine gewaltigere Fähigkeit, Nitrate zu reduciren, zukommt.

Wir müssen nun weiter über das diagnostisch wichtige, differente **Verhalten** beider Mikroben **in der Milch** uns klar werden. Das Bact. coli nämlich bringt die Milch zum Gerinnen, was der Bac. typhi nicht vermag. Scheinbar stehen wir hier nun wiederum vor einer so bedeutenden Differenz zwischen den beiden Mikroben, von der sich erwarten liesse, dass ihr Wesen auf gewissen vollkommen differenten Grundeigenschaften beider Mikroben beruht, die sich wohl weiter wieder auf gewisse

biochemische Processe gründen, die das Wachsthum der Mikroben in der Milch begleiten; dass es sich hier also nicht um ein blosses Plus oder Minus irgend welcher Eigenschaften handeln dürfte.

Um diese Frage entscheiden zu können, müssen wir vor allem einen klaren Begriff von der Säurebildung nach Impfung der Milch einerseits mit dem Bac. typhi, andererseits mit dem Bact. coli erlangen. Denn es ist klar, dass, da die Milchgerinnung durch Säurebildung auf Rechnung des Milchzuckers entsteht, gerade dieses Studium der Säurebildung werthvolle Anhaltspunkte gewähren kann.

Zu diesem Zwecke wurde eine abgemessene Milchmenge in Erlmayerkölbchen (die Milch war durch 2 Stunden im Dampfstrom sterilisirt worden) mit dem Bac. typhi und Bact. coli geimpft und hierauf in den Thermostaten bei 37° C. gegeben; hierauf wurden täglich zwei Kölbchen dem Thermostaten entnommen und mittels Zehntelnormallauge die Acidität bestimmt (Phenolphthaleïn als Indicator). Zugleich jedoch wurde auch die Acidität der noch ungeimpften Milch festgestellt. Hiebei fand ich, dass 10 ccm Milch zur Neutralisation 1 ccm Zehntelnormallauge verbrauchen.

Durch zahlreiche Versuche wurde dann festgestellt, dass im Verlaufe der ersten 48 Stunden die Acidität der Milch schnell zunahm; im Verlaufe weiterer 3—4 Tage jedoch stieg sie langsam an, worauf sie wiederum langsam zu sinken begann.

Der höchste erreichte Aciditätsgrad war für die mit Bact. coli geimpfte Milch: 6—7 ccm Zehntelnormallaugeverbrauch zur Neutralisation von 10 ccm Milch; während in der Milch, die mit Bac. typhi geimpft war, 2,5 ccm zur Neutralisation von derselben Milchmenge 2,5 ccm Zehntelnormallauge genügten.

Wenn wir nun diesen Säuregrad wiederum auf Milchsäure umrechnen, so folgt, dass in jenen 10 ccm Milch, die mit Bact. coli geimpft waren, 630 mg Milchsäure enthalten waren; während in derselben Milchmenge, die hingegen mit Typhusbacillen geimpft war, jedoch 200—300 mg resp. 0,2—0,3 % Milchsäure enthalten war.

Wenn wir nun diese Werthe einerseits mit den Angaben Fermi's bezüglich der maximalen Milchsäureconcentration vergleichen, in der noch beide Mikroben wachsthumsfähig sind (für das Bact. coli 0,6 % und für den Bac. typhi 0,4 %) und andererseits mit den Werthen, die oben bezüglich der Wachsthumsfähigkeit auf Kartoffel-Gelatine angeführt wurden in Vergleich ziehen, sehen wir, dass hier eine auffallende Uebereinstimmung herrscht. — Im Hinblicke darauf scheint folgender Schluss mit grösster Wahrscheinlichkeit richtig zu sein: unsere beiden Bacillen producieren in der Milch Säure und das treiben sie solange fort, bis sie sich selbst des für das weitere Sichvermehren günstigen Bodens berauben.[1]) — Wie die Säure einen Grad erreicht, bei dem jedes weitere Wachsthum unmöglich wird, dann hört zugleich die Production der Säure auf. — So könnte man den Umstand erklären, dass der höchste erreichte Säuretitre ungefähr mit jenen Werthen der Acidität übereinstimmt, denen beide Mikroben noch Widerstand leisten können.

Im Hinblicke darauf ist es weiterhin möglich zu folgern, dass sowohl die Ursache der Milchgerinnung als auch die des verschieden sich gestaltenden Wuchses beider Mikroben auf sauren Nährböden auf ein und derselben Eigenschaft beider Mikroben basiren: auf der verschiedenen Resistenzfähigkeit gegen die Säure im Nährboden.

Infolge dessen resultirt, dass das verschiedene Verhalten beider Mikroben in der Milch auch kein qualitativer, sondern ein quantitativer Unterschied zwischen beiden ist.

Weiter lässt sich die Richtigkeit dieser Behauptung auch mit folgendem Factum bekräftigen: wenn sterilisirte Milch mit Typhusbacillen geimpft und dann so lange im Thermostaten stehen gelassen wird, bis der höchste Aciditätsgrad erreicht ist und sonach abgekocht wird, zeigt sich, dass die Milch nach dem Wiedererkalten geronnen erscheint.

---

1) Es wäre dies ein ähnliches Verhalten, wie es Kabrhel für den Bac. acidi lactici nachgewiesen hat. (G. Kabrhel, »Ueber das Ferment der Milchsäuregärung«, Wiener allg. med. Zeitg., 1887.)

Es genügt also die Acidität, die der Typhusbacillus in der Milch hervorruft, um die Milch zum Gerinnen zu bringen, allerdings bei höherer Temperatur: es ist jedoch eine bekannte Thatsache, dass die niedrigen Säuregrade, die nicht im Stande sind, bei gewöhnlicher Temperatur Milch zum Gerinnen zu bringen, diese Erscheinung beim Aufkochen der Milch hervorrufen.

Hier müssen wir jedoch die Bemerkung hinzufügen, dass die Säure, die der Typhusbacillus und der Colimikrobe hervorrufen, nicht identisch sein muss. (Für das Bact. coli gibt Pere an, es sei Linksmilchsäure, die er in der Milch bilde.) Es könnte sich hier also wirklich im Hinblick auf die Qualität der Säure, die beide Mikroben hervorrufen, um einen tiefgreifenden qualitativen Unterschied beider handeln, doch haben wir in der Milchgerinnung, da Milch durch Säuren überhaupt, jedoch nicht durch diese oder jene Säure gerinnt, keine entsprechende oder genügende Reaction auf diesen eventuell denkbaren qualitativen Unterschied in der gebildeten Säure.

Wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit der von **Goldberger** vorgeschlagenen Methode zu.

Vor allem sei hervorgehoben, dass dieses diagnostische Hilfsmittel, das leicht anwendbar ist, und dessen Anwendung, wie bereits oben erwähnt, sehr exacte Resultate gibt, wie wir uns überzeugt haben, wirklich ein werthvolles diagnostisches Kriterium ist.

Nun aber fragt es sich wiederum: ist diese Erscheinung wirklich eine solche, die auf qualitativ verschiedenen Eigenschaften beider Mikroben basirt, die in Biochemie der beiden Kleinlebewesen ihren Grund haben?

Da nun der Autor dieser Methode selbst dafür hält, dass bei der von ihm vorgeschlagenen Reaction mit gefärbten Nährböden die Reduction des Farbstoffes eine Rolle spielen dürfte, wurden zunächst Versuche gemacht, die den Zweck hatten, nachzuweisen, ob der Bac. typhi überhaupt reducirende Fähigkeit besitzt oder nicht.

Zu diesem Behufe wurde — folgend Spinas[1]) Beispiele — zu mit Typhusbacillen geimpften Nährböden Methylenblau hinzugefügt; von dieser Farbe ist bekannt, dass diese sehr leicht auf eine farblose Leukoverbindung reducirbar ist.

Wir fanden, dass sich solche mit Methylenblau gefärbte Typhusculturen binnen kurzer Zeit, selbst in ihren oberen Partien (bei Gelatinestichculturen), wo sie mit Luft in Berührung standen, entfärbten. Ein ähnlicher Versuch und zwar mit dem nämlichen Erfolge wurde mit dem Bact. coli durchgeführt. Dieser Versuch gibt Zeugnis davon, dass sowohl der Bac. typhi als das Bact. coli, wenn sie auf den bräuchlichen Nährböden cultivirt werden, zu reduciren im Stande sind. Im Hinblicke darauf erschien es also wahrscheinlich, dass der Typhusbacillus und das Bact. coli aus dem Grunde bei Benützung von mit Safranin oder Neutralroth gefärbten Nährböden verschiedenen Einfluss nimmt, weil diese Farbstoffe nicht so leicht reducirbar sind wie Methylenblau, so dass die betreffende Reaction erst bei gewaltigem reducirendem Einflusse eintreten kann.

Im Hinblicke darauf machte ich zuerst Versuche, die darauf hinzielten, die hier in Betracht kommenden Farbstoffe mittelst schwefliger Säure zu reduciren.

Hier fand ich, dass das Methylenblau in wässeriger Lösung allerdings sofort durch eingeleitete gasförmige schweflige Säure sich auf seine Leukoverbindung reduciren liess. Nach Neutralisation und Sättigung mit atmosphärischem Sauerstoff gewann die Lösung wieder ihre ursprüngliche blaue Färbung.

Wenn man jedoch gasförmige schweflige Säure auf wässrige Lösungen von Safranin oder Neutralroth einwirken liess, konnte man keinerlei Veränderung des Farbstoffes beobachten.

Im Hinblicke darauf wurde denn zu einem mächtigeren reducirenden Mittel gegriffen, und zwar wurde der Versuch mit Wasserstoff in statu nascendi angestellt, den ich mittels Zink und Salzsäure in der Farbstofflösung entwickelte.

1) Spina, Centralblatt f. Bacteriologie, 1887.

Der Wasserstoff in statu nascendi führte factisch den erwünschten Erfolg herbei; die Safraninlösung wurde entfärbt und die Lösung von Neutralroth bekam einen gelblich grün fluorescirenden Farbenton.

Aus den angeführten Versuchen geht hervor, dass die Veränderungen, die wir auf den von Goldberger vorgeschlagenen gefärbten Nährböden beobachten können, und die uns ein verlässliches diagnostisches Kriterium bieten, wiederum auf ein und derselben, beiden Mikroben gemeinsamen Eigenschaft basiren, nämlich auf dem Reductionsvermögen. Das Resultat dieser Reaction fällt nun eben darum verschieden aus, weil die Fähigkeit zu reduciren beim Bact. coli im grösseren Maasse als beim Bac. typhi entwickelt ist.

Infolge dessen lässt sich wiederum hervorheben, dass auch diese Methode uns bloss Unterschiede rein quantitativer Art näher und deutlicher vor Augen führt.

Wir haben uns denn also mit einem diagnostischen Merkmale zu befassen, mit der Gasbildung in Zuckernährböden beim Bact. coli respective mit der entsprechenden negativen Eigenschaft beim Bac. typhi.

Weil es uns denn bisher gelungen ist, all' die von den Autoren hervorgehobenen Differenzen zwischen unseren beiden Mikroben bei näherer Betrachtung als Unterschiede rein quantitativer Art beurtheilen zu lernen, so schien es uns auch bezüglich der Gasproduction nöthig, zu erforschen, ob hier nicht ähnliche Verhältnisse obwalten, und dies war um so eher zu erwarten, weil bei Processen, bei denen auf Kosten des Zuckers Säure entsteht, die Entwickelung von Kohlensäure eine gewohnte Erscheinung ist.

Weil jedoch das Bact. coli und der Typhusbacillus in der Milch Säure produciren, konnte ich mit Recht schliessen, dass auch in den mit Zucker versetzten Nährböden es zur Säureproduction kommen dürfte.

Indem ich dies im Auge hatte, setzte ich zunächst Versuche betreffs der Säurebildung in Bouillon an, die mit 2 % Traubenzucker versetzt war. — Was die hinzugefügte Zuckermenge anlangt, sei hervorgehoben, dass für diese Versuche eine

mit nur wenig Zucker versetzte Bouillon sich nicht eignet, und zwar darum, weil bereits in 24 Stunden die hervorgerufene Säuerung des Nährbodens in Alkalibildung übergeht; im Hinblicke darauf verwendete ich eine Bouillon, die mit 2 % Zucker versetzt war.

Ich fand hiebei, dass der maximale erreichte Säuregrad für das Bact. coli 0,55 % und für den Bact. typhi 0,45 % war.

Man sieht also, dass hier die Unterschiede in der Acidität, bei Anwendung von Bouillonnährböden nicht so bedeutend sind, wie bei Anwendung von Milch, trotzdem auch hier das Bact. coli eine grössere Säuerung hervorruft.

Diese Erscheinung, dass in der Milch bei unseren beiden Mikroben es zu einer grösseren Differenz in der Säuerung kommt als bei Zucker-Bouillon, kann man analog Kabrhel's[1]) Beobachtungen erklären, welcher fand, dass die sich bildende Säure, die dem weiteren Wachsthume und der Vermehrung der Mikroben, die die Milchsäuregärung hervorrufen, hinderlich ist, in der Milch einerseits besonders mit Caseïn, andererseits mit anderen Eiweissstoffen in chemische Verbindungen eingeht, wodurch der die Gärung hintanhaltende Einfluss paralysirt wird.

Es wäre also auch hier denkbar, dass die Gegenwart des Bact. coli in der Milch aus ähnlichen Gründen, d. h. weil die gebildete Säure gebunden wird, zu höheren Säuretitern Veranlassung gibt; wenngleich der hindernde Einfluss der ungebundenen Säure auf den Bac. typhi nicht viel stärker wäre als auf das Bact. coli.

Im Hinblicke darauf, dass einerseits in der Zuckerbouillon auch der Typhusbacillus ganz gut Säure producirte, und andererseits darauf, dass die Säureproduction auf Kosten von Zucker bei Fermentirung gewöhnlich unter Gasbildung einhergeht, sah ich mich versucht, zu erforschen, ob nicht etwa doch etwelche Gasbildung durch den Typhusbacillus in Zuckernährböden hervorgerufen wird, aber aus irgend welchem Grunde bei den bräuchlichen Methoden etwa nicht zur Geltung kommt.

---

1) Kabrhel, Ueber das Ferment der Milchsäuregärung. Wiener allg. med. Zeitg., 1889.

Man könnte sich z. B. denken, dass die gebildete Gasmenge klein sei, so dass einerseits vermöge der Absorptionsfähigkeit des Nährbodens, andererseits vermöge von Diffusion es nicht zur Bildung von Gasblasen kommen kann.

Es wurde daher der Versuch gemacht, eine Typhuscultur mit einer Quecksilberschichte zu bedecken; jedoch trotzdem der Mikrobe üppigen Wuchs entfaltete, konnte man keine Gasbildung beobachten.

Nach diesem negativen Resultate griff ich zu folgendem Mittel:

Ein Glaskolben (über $^1/_2$ l fassend) mit Bouillon, die mit 2 % Zucker versetzt und mit dem Typhusbacillus geimpft war, gefüllt, wurde in den Thermostaten gestellt und einerseits mit einem mit Barytwasser gefüllten Kölbchen, andererseits mit einem Eudiometer in Verbindung gesetzt.

Nach 24 Stunden war weder das Barytwasser getrübt, noch im Eudiometer Gas angesammelt.

Aus diesem Versuche können wir schliessen: wenn nicht einmal unter solchen Umständen, wo der Versuch mit einer grossen Menge Flüssigkeit angestellt worden, und wo die Möglichkeit der Wirkung der Diffusion in die atmosphärische Luft ausgeschlossen war, es nicht möglich war, sich von etwelcher Gasbildung zu überzeugen, dann steht es fest, dass der Bac. typhi kein Gas in Zuckernährmedien zu bilden im Stande ist.

Im Hinblicke darauf müssen wir den Unterschied zwischen den beiden Mikroben, der hier in Betracht kommt, als einen *nicht blos quantitativen* ansprechen, sondern er muss seinen Grund in *ganz differenten biochemischen Eigenschaften* der beiden Mikroben finden.

Resumé.

1. Viele verschiedene Beobachtungen, betreffend die Coli-Typhusdiagnostik, basiren *auf demselben Principe*: auf der verschiedenen *Resistenzfähigkeit* beider Bacterien *gegen die Acidität* des Nährbodens. (Hieher gehören die Methoden: *Thoinot*, *Chantemesse*-

Widal, Parietti, Holz-Elsner, Gaffky, Milch als Nährboden.)

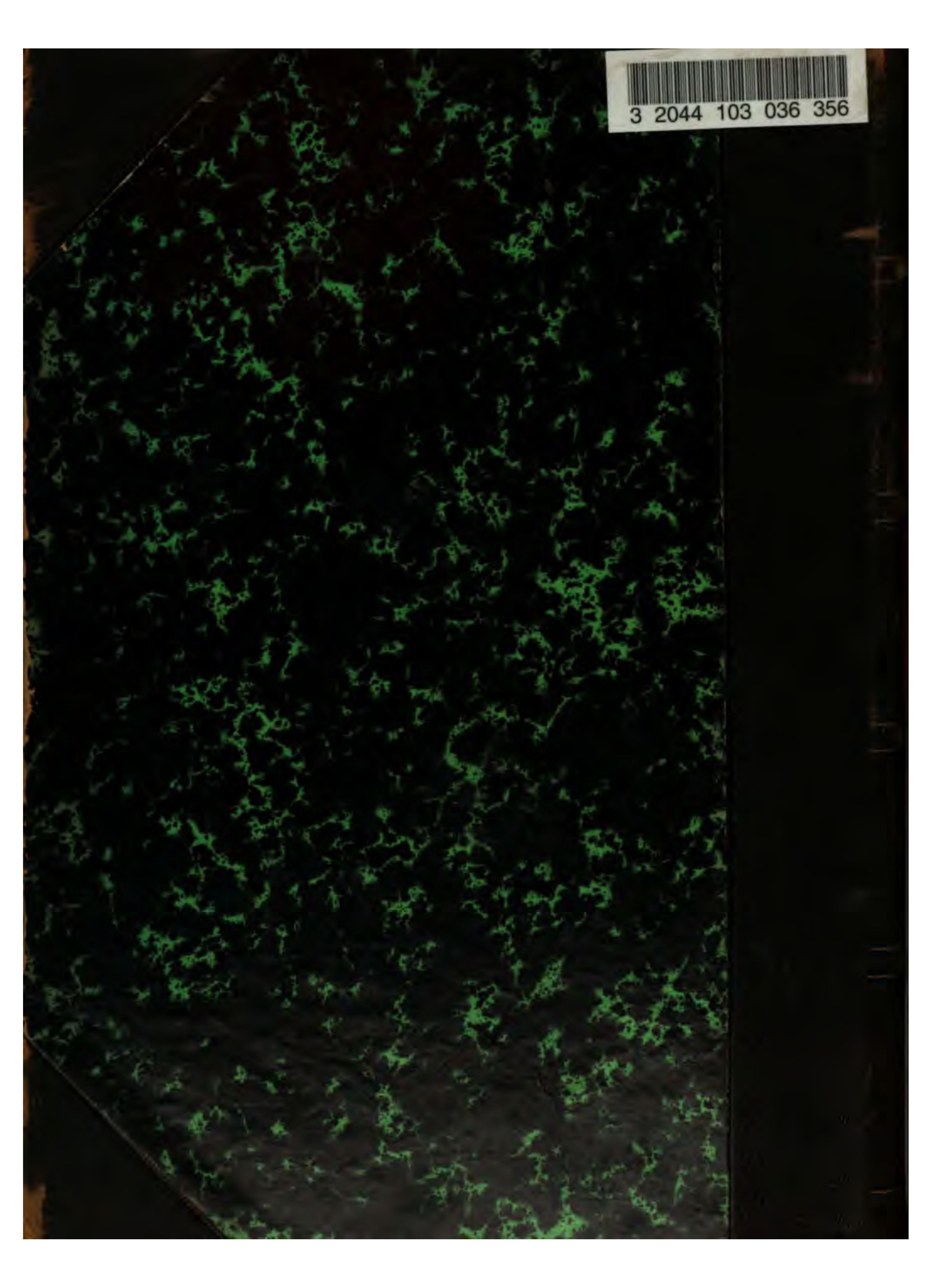
2. Viele Unterschiede in Eigenschaften unserer Mikroben sind quantitativer Natur; alle diese Eigenschaften kommen dem Bact. coli im höheren Maasse (im Sinne des »Plus«) zu. (Resistenzfähigkeit gegen Säure im Nährboden und Production von Säure, Production von Indol, Reduciren der Nitrate und Reduciren von Farbstoffen.)

3. Der wesentlichste Unterschied zwischen dem Bac. typhi und dem Bact. coli ist, dass das Bact. coli in zuckerhaltigen Nährböden Gas bildet; dies vermag der Typhusbacillus nicht.

Meinem Chef und verehrten Lehrer, Herrn Professor Gustav Kabrhel, der die Anregung zu diesen Studien gab und mich bei dieser Arbeit allseitig unterstützte, sei hiemit mein wärmster Dank gesagt.

Anmerkung: In letzter Zeit gelangten wiederum einige Arbeiten zur Veröffentlichung, die die Typhuscoli-Diagnostik anlangen (Caesaris-Demmel[1]), Levy und Bruns[2]). Auf diese Arbeiten konnte ich, da meine Versuche bereits beendet waren, im Vorliegenden keine Rücksicht mehr nehmen.

1) Centralblatt f. Bacteriologie, 1899.
2) Archiv f. Hygiene, 1899.


3 2044 103 036 356